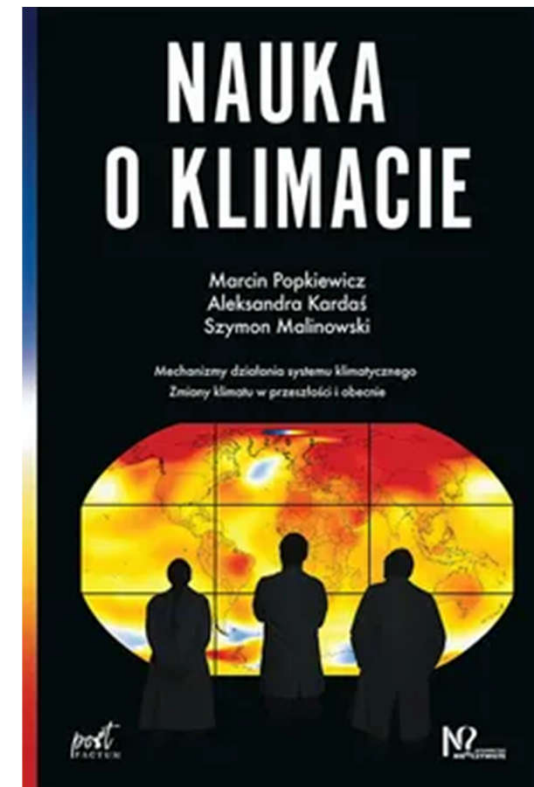
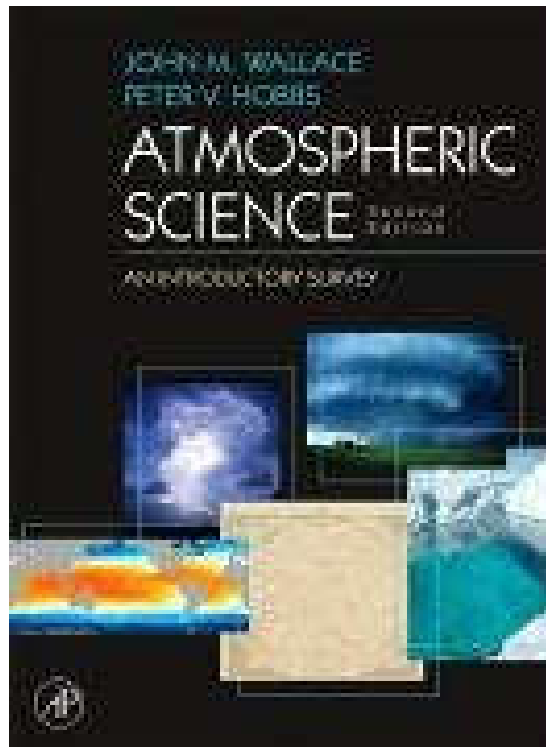


Hydrosfera

Grzegorz Karwasz

Wykład 4



Water World (1995)



Masa atmosfery jest 270 razy mniejsza niż masa oceanu.
Pojemność cieplna wody jest czterokrotnie większa niż pojemność cieplna tej samej ilości powietrza (NoK, str. 122)

Atmosfera a Ocean

horizontal length scale	$L \approx 10^6 \text{ m};$	1000 km
depth scale	$H \approx 10^4 \text{ m};$	10 km (troposfera)
horizontal velocity scale	$u \approx 10 \text{ m s}^{-1};$	Wiatr 10 m/s
vertical velocity scale	$w \approx 10^{-2} \text{ m s}^{-1};$	Prąd wznoszący 1 cm/s
horizontal pressure scale	$\Delta p \approx 10 \text{ mb} = 10^3 \text{ Pa};$	10^3 Pa
time scale	$L/u \approx 10^5 \text{ s}.$	Skala czasowa 24 h
horizontal length scale	$L \approx 10^6 \text{ m};$	1000 km
depth scale	$H \approx 4 \times 10^3 \text{ m};$	4 km (średnia głębokość)
horizontal velocity scale	$u \approx 10^{-1} \text{ m s}^{-1};$	Prąd 10 cm/s
vertical velocity scale	$w \approx 10^{-4} \text{ m s}^{-1};$	Konwekcja wody 0.1 mm/s
horizontal pressure scale	$\Delta p \approx 10 \text{ mb};$	10^3 Pa
time scale	$\approx 10^7 \text{ s}.$	Skala czasowa 100 dni

Opady i rzeki

172

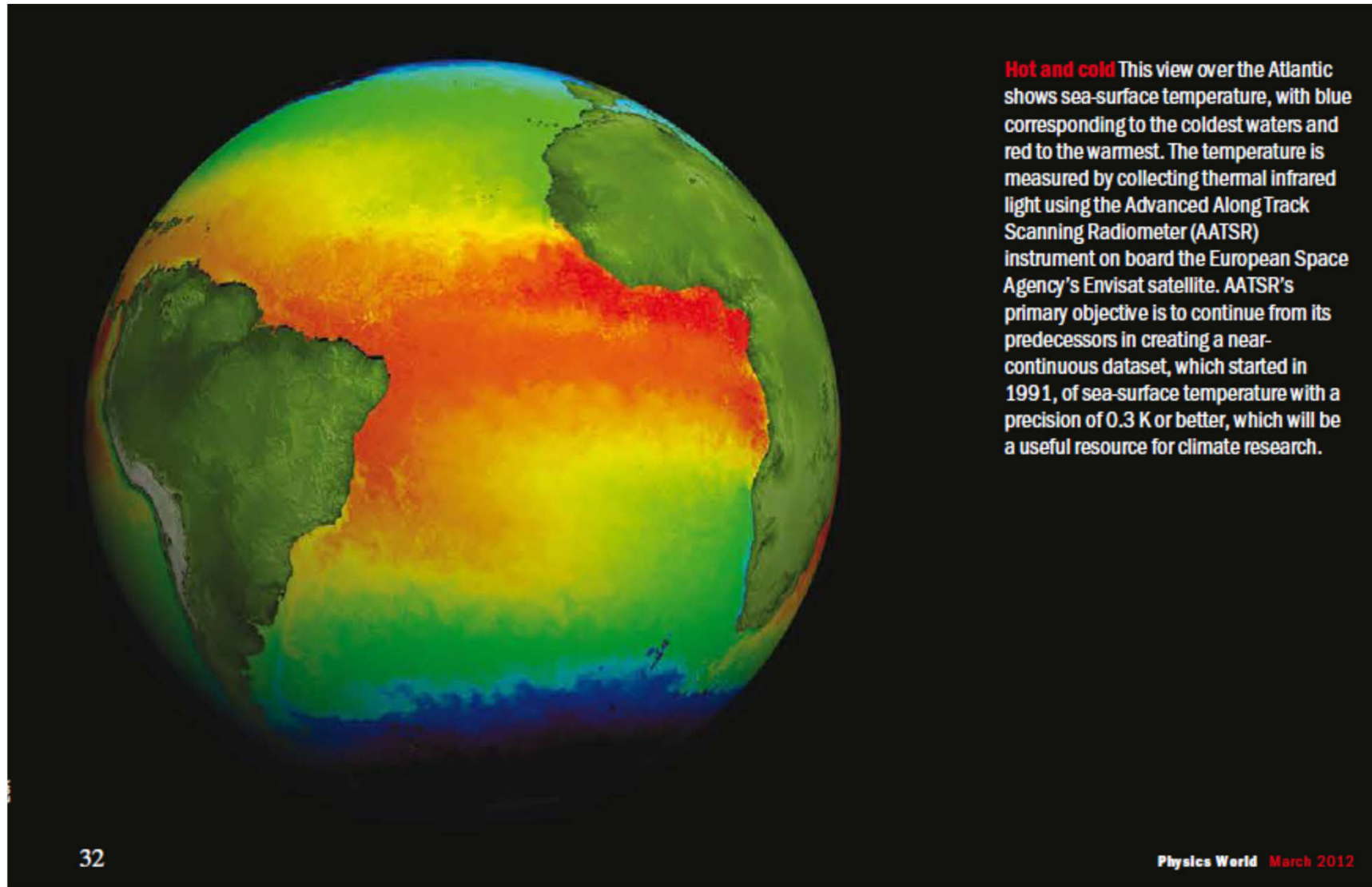
PHYSICS OF CLIMATE

Peixoto and Oort

TABLE • 7.2. Estimated mean annual values of the precipitation rate P , evaporation rate E , runoff rate $P - E$, river runoff rate R_0 from continents into the oceans, evaporation ratio E/P , and runoff ratio $(P - E)/P$ for the various continents and oceans from Baumgartner and Reichel (1975). For comparison, estimates of P , E , and $P - E$ from Sellers (1965) have been added in parentheses.

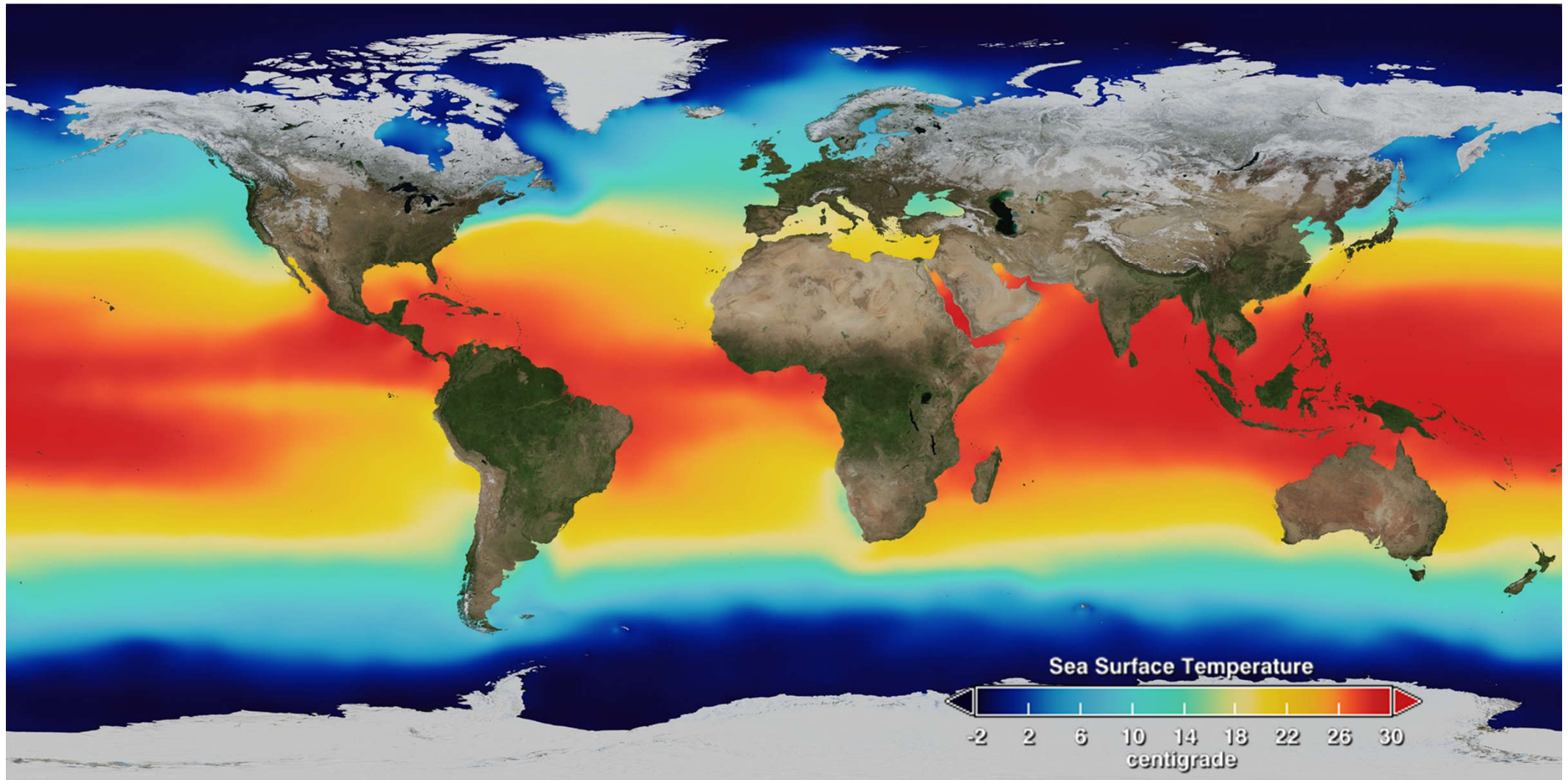
<i>Region</i>	<i>Surface area</i> (10^6 km^2)	<i>P</i> (mm yr^{-1})	<i>E</i> (mm yr^{-1})	<i>P-E</i> (mm yr^{-1})	<i>R₀</i> (mm yr^{-1})	<i>E/P</i>	<i>(P - E)/P</i>
Europe	10.0	657 (600)	375 (360)	282 (240)	...	0.57	0.43
Asia	44.1	696 (610)	420 (390)	276 (220)	...	0.60	0.40
Africa	29.8	696 (670)	582 (510)	114 (160)	...	0.84	0.16
Australia	8.9	803	534	269	...	0.67	0.33
[without islands]	7.6]	[447 (470)]	[420 (410)]	[27 (60)]		[0.94]	[0.06]
North America	24.1	645 (670)	403 (400)	242 (270)		0.62	0.38
South America	17.9	1564 (1350)	946 (860)	618 (490)		0.60	0.40
Antarctica	14.1	169 (30)	28 (0)	141 (30)		0.17	0.83
All land areas	148.9	746 (720)	480 (410)	266 (310)		0.64	0.36
Arctic Ocean	8.5	97 (240)	53 (120)	44 (120)	307	0.55	0.45
Atlantic Ocean	98.0	761 (780)	1133 (1040)	- 372 (- 260)	197	1.49	- 0.49
Indian Ocean	77.7	1043 (1010)	1294 (1380)	- 251 (- 370)	72	1.24	- 0.24
Pacific Ocean	176.9	1292 (1210)	1202 (1140)	90 (70)	69	0.93	0.07
All oceans	361.1	1066 (1120)	1176 (1250)	- 110 (- 130)	110	1.10	- 0.10
Globe	510.0	973 (1004)	973 (1004)	0 (0)	...	1.10	0

Cyrkulacja oceaniczna



Satelitarne pomiary temperatury oceanu pokazują, jak wzdłuż równika prąd płynie na zachód. Od Zatoki Meksykańskiej żółty jezior ciepłej wody to Prąd Zatokowy, zbawienny dla klimatu Europy.

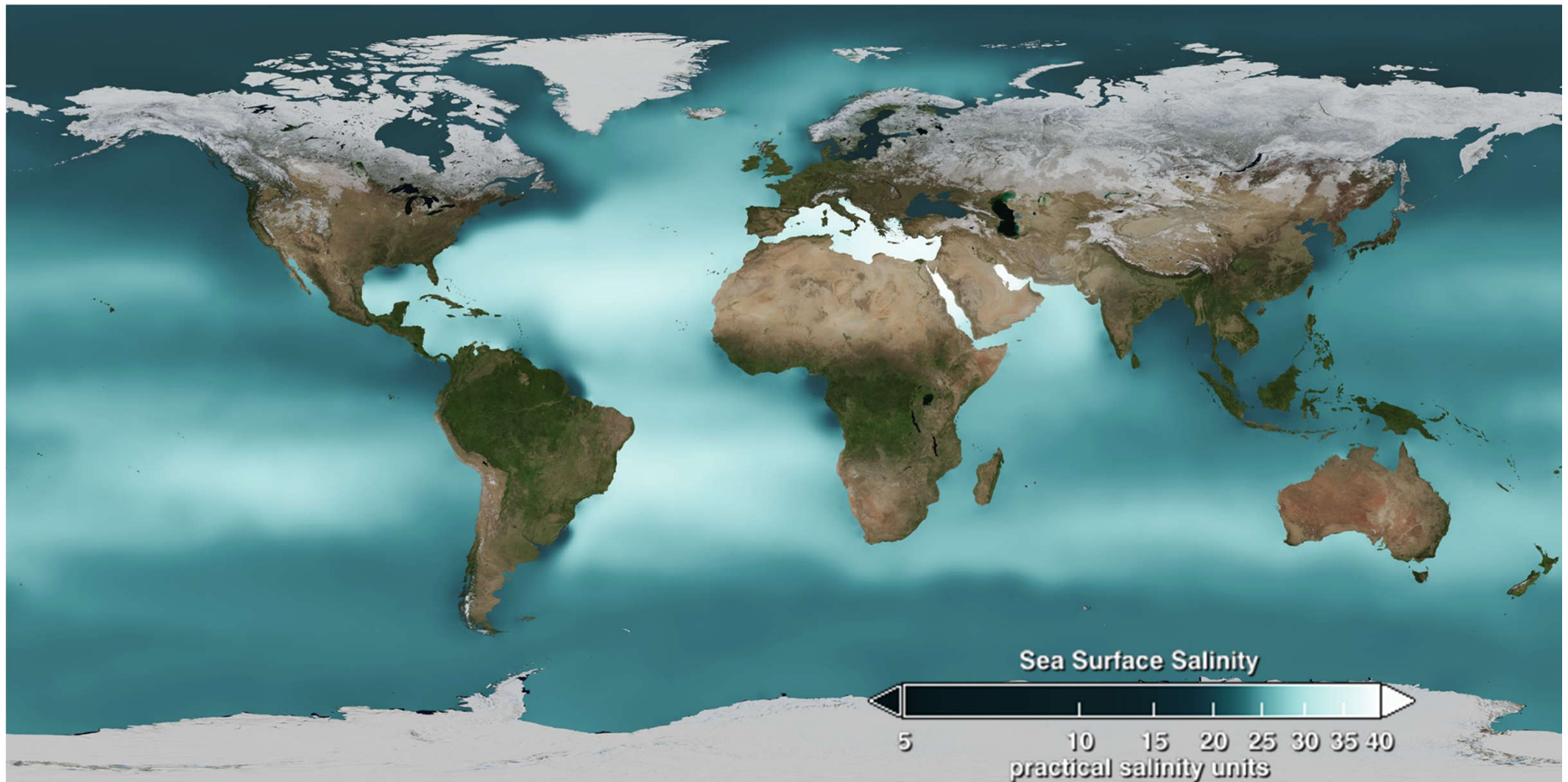
Średnioroczna temperatura powierzchni morza



Zwraca uwagę stosunkowo ciepłe morze na północ od Skandynawii: w Korei, na znacznie niższej szerokości geograficznej, temperatura jest podobna.

https://svs.gsfc.nasa.gov/3652#section_credits

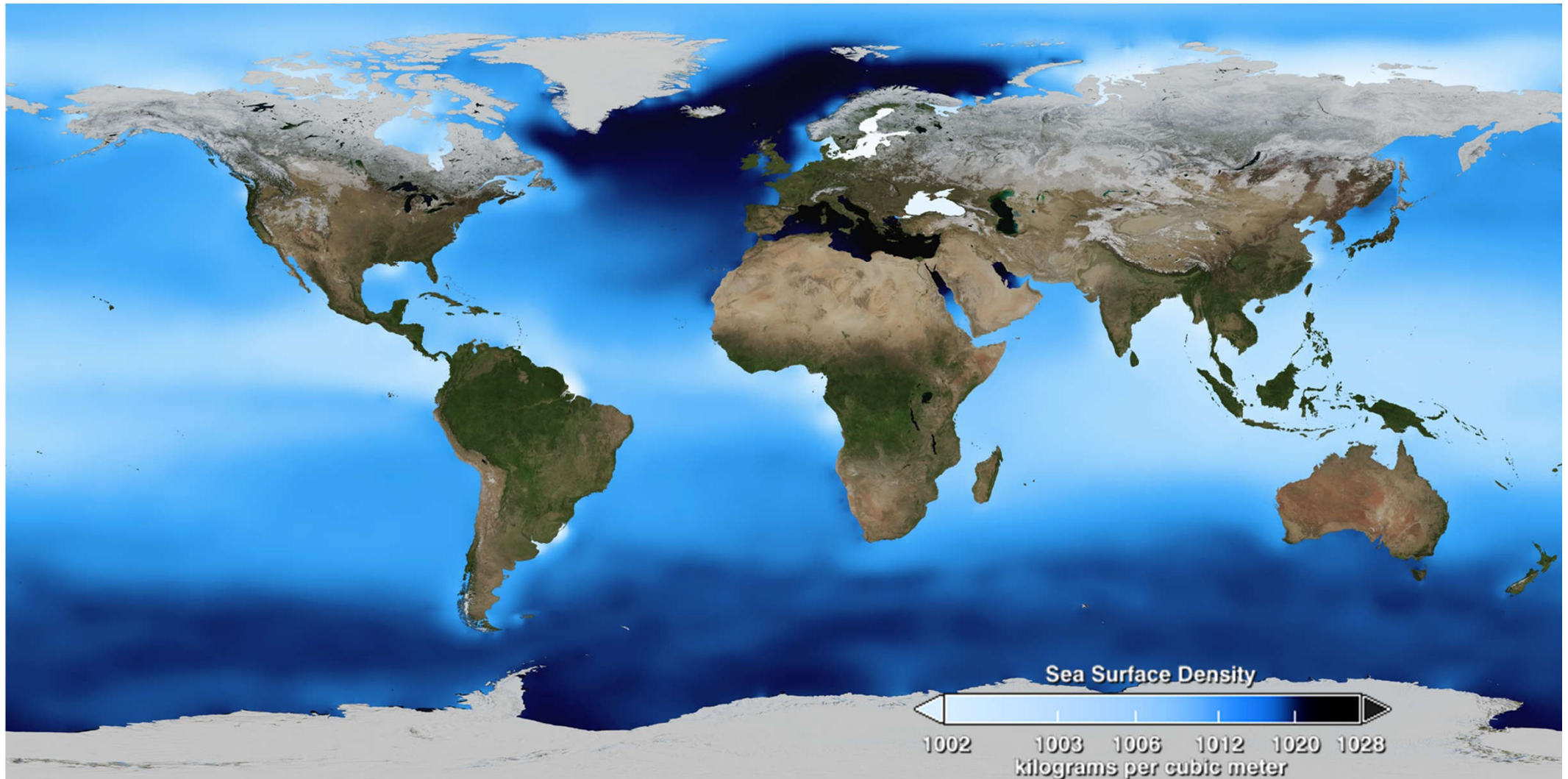
Zasolenie wody na powierzchni morza



Najbardziej zasolone są Morze Śródziemne, Czerwone i Zatoka Perska. Najmniej – Morze Bałtyckie, Kaspiskie i Czarne. Atlantyk jest zasolony, gdyż pasaty przenoszą parę wodną ponad Panamą z Pacyfiku. Widoczne są wypływy Amazonki, Gangesu, Missisipi, Kongo, Mekongu, Jancy i Huang He.

https://svs.gsfc.nasa.gov/3652#section_credits

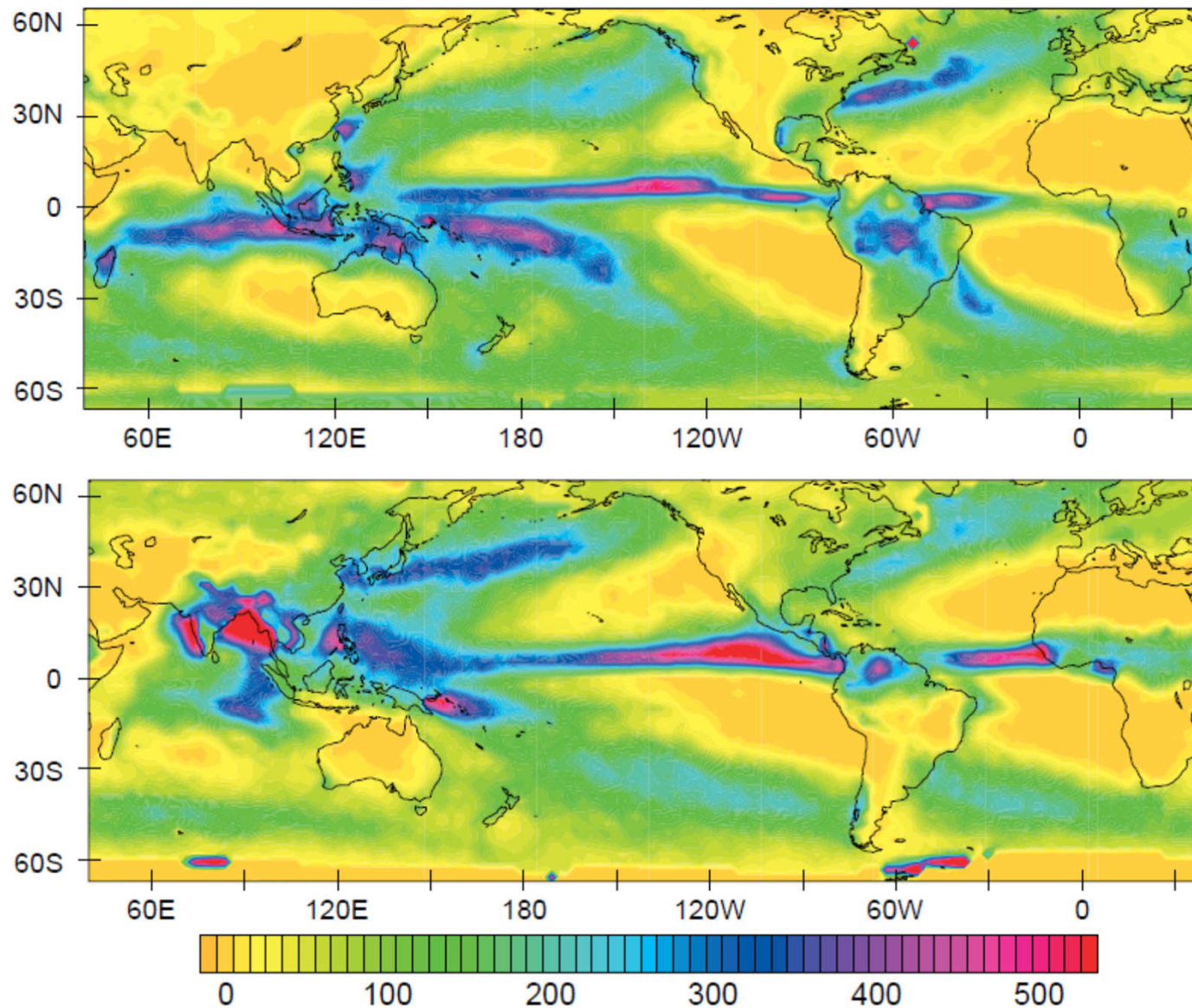
Średnia gęstość wód powierzchniowych



Największą gęstość mają wody Morza Śródziemnego i Czerwonego. Duża gęstość wód północnego Atlantyku jest powodem opadania jego zimnych (i zasolonych) wód w głąbie oceanu, co napędza globalny obieg wody głębinowej.

H.-N. Costis, NASA SVS, GSFC, 2009, https://svs.gsfc.nasa.gov/3652#section_credits

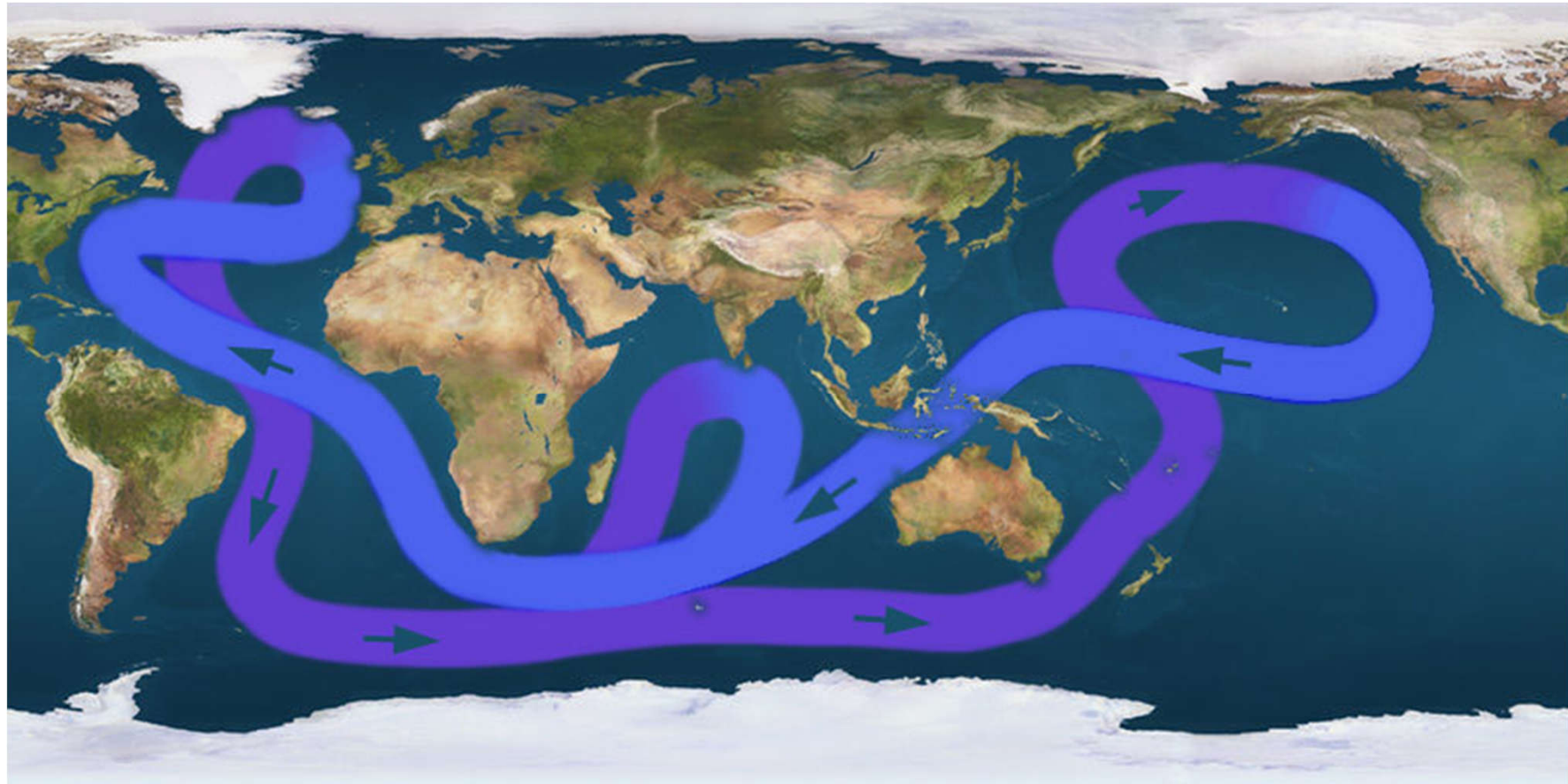
Opady (klimatyczne)



January and July climatological-mean precipitation. [Based on infrared and microwave satellite i

Widać strefę monsunów, oraz opady niesione przez pasaty. Zimą (Jan) pada w Nowym Yorku, latem (July) w Seoulu i Indiach (Atm. Sci. str. 20)

Cyrkulacja termohalinowa



Zimna i słona woda zapada się w głębinę w obszarze między Grenlandią a Skandynawią i na głębokości spływa w kierunku Antarktydy, gdzie ten głębinowy prąd jest dodatkowo zasilany. Okrąża Antarktydę zgodnie z kierunkiem prądów powierzchniowych i między Australią a Nową Zelandią skręca na północ. W rejonie Kalifornii ogrzewa się i wraca na zachód, w kierunku miejsca narodzin.

L. F. Garcia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Circulacion_termohalina.jpg

Thermohaline circulation



This is a consequence the surrounding seawater gets saltier, because when sea ice forms, the salt is left behind. As the seawater gets saltier, its density increases, and it starts to sink. Surface water is pulled in to replace the sinking water, which in turn eventually becomes cold and salty enough to sink. This initiates the deep-ocean currents driving the global conveyor belt.

https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_currents/

Grand Conveyor Belt

https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_currents/



This animation shows the path of the global conveyor belt. The blue arrows indicate the path of deep, cold, dense water currents. The red arrows indicate the path of warmer, less dense surface waters. It is estimated that it can take 1,000 years for a "parcel" of water to complete the journey along the global conveyor belt.

Obecna cyrkulacja ustaliła się około 3-5 mln lat temu, wskutek dryfu kontynentów, zamknięcia się Przesmyku Panamskiego i zwiększenia się zasolenia Atlantyku. Prąd Zatokowy przynosi opady śniegu w Arktyce, co doprowadziło do pojawienia się lądolodu na Grenlandii. Cyrkulacja termohalinowa ulegała w historii istotnym zmianom (NoK, 129)

Cyrkulacja termohalinowa

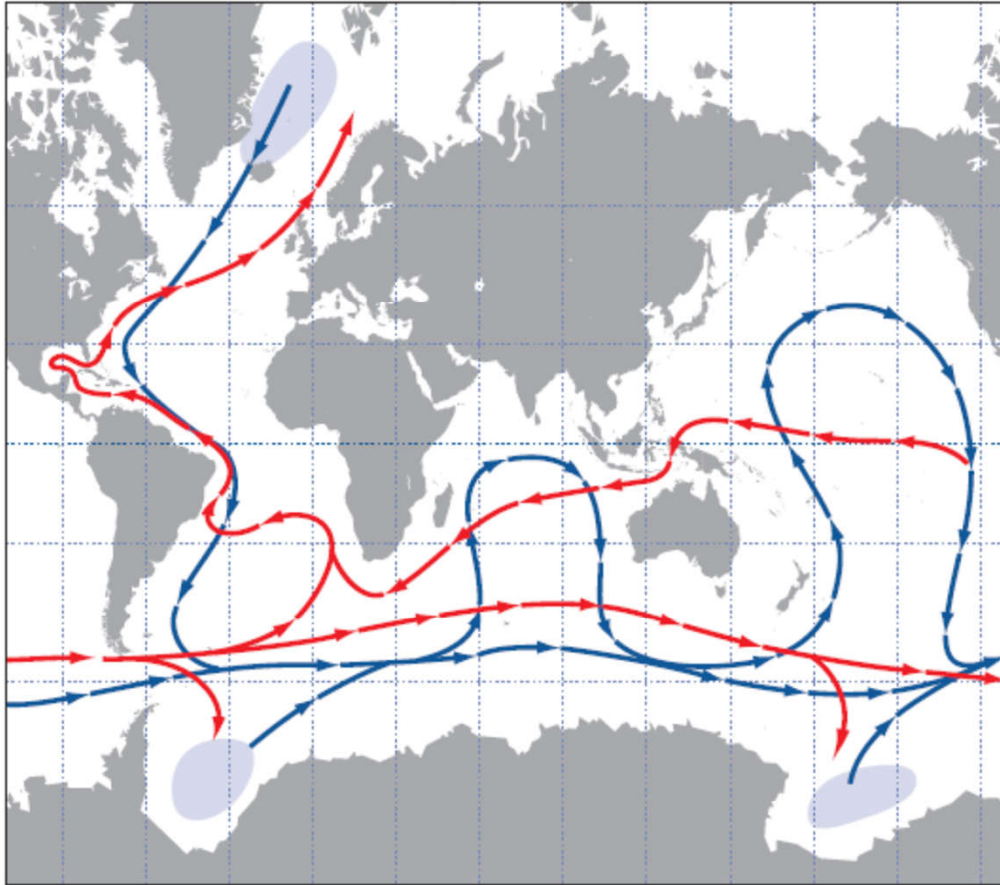


Fig. 2.7 Highly simplified schematic of the thermohaline circulation. Shading denotes regions of downwelling, blue arrows denote transport of bottom water, and red arrows denote the return flow of surface water. [Adapted from W. J. Schmitz, Jr., "On the interbasin-scale thermohaline circulation," *Rev. Geophys.*, 33, p. 166, Copyright 1995 American Geophysical Union.]

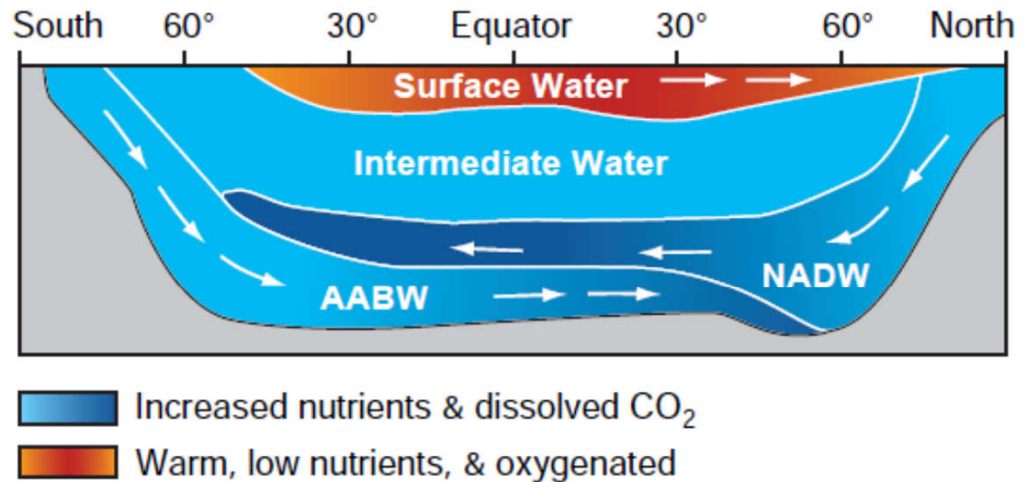
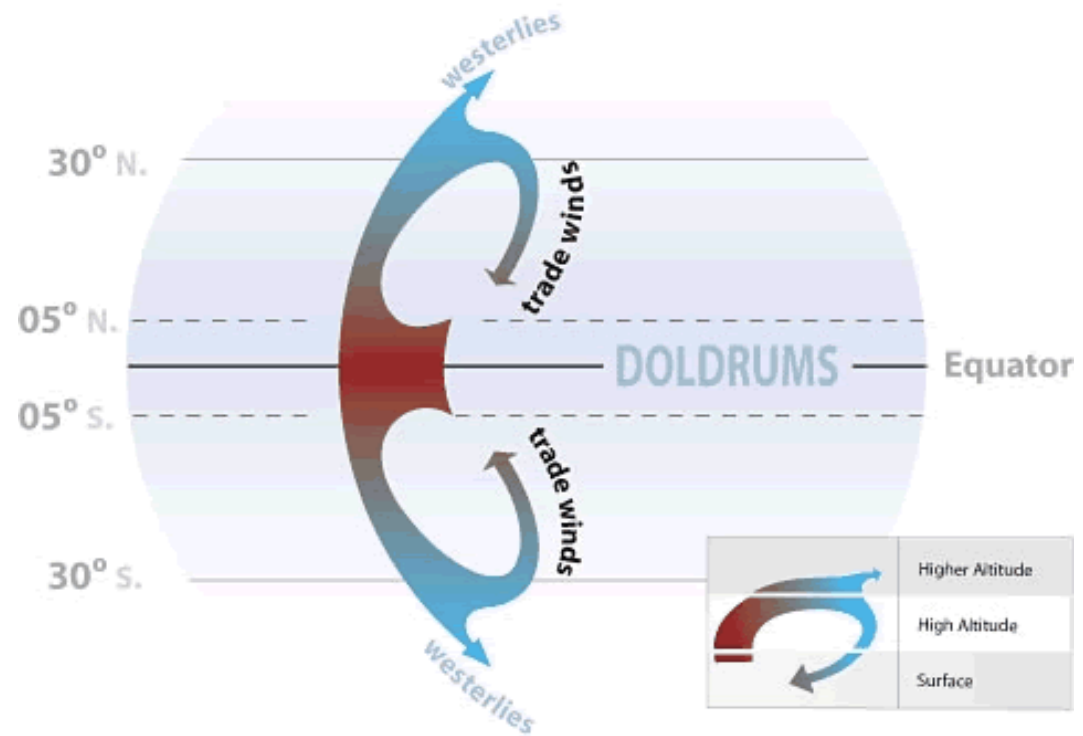


Fig. 2.8 Idealized cross section of the thermohaline circulation in the Atlantic Ocean. In this diagram, *Intermediate Water* comprises several different water masses formed at temperate latitudes. Note the consistency with Fig. 2.3. [Courtesy of Steve Hovan.]

Być może, płyną nawet dwa, nakładające się w przeciwnych kierunkach prądy: z północnego Atlantyku i dookoła Antarktydy

Atmospheric Science, str. 29

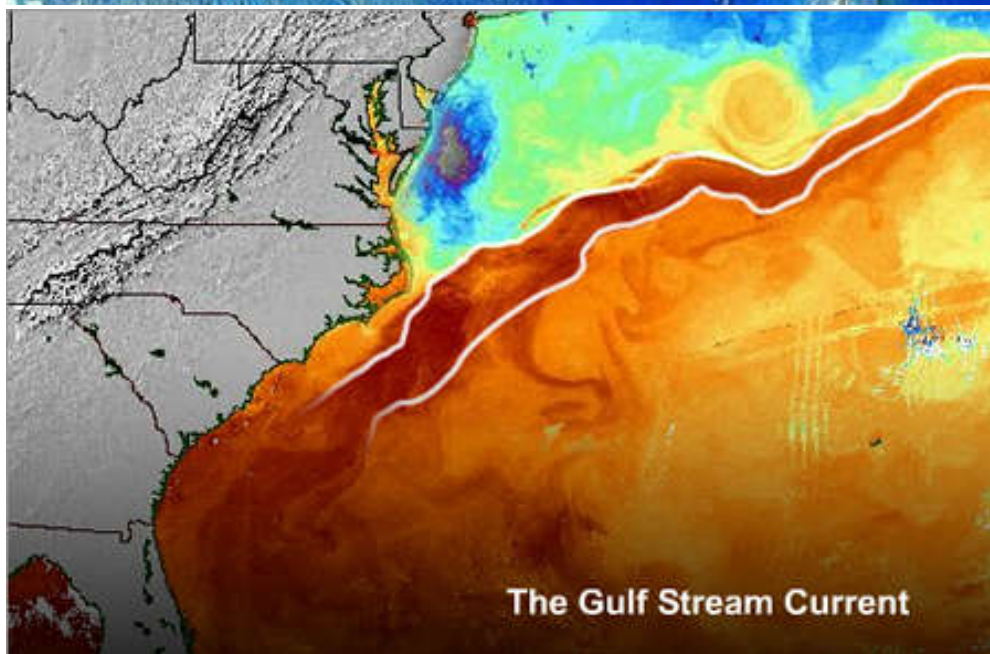
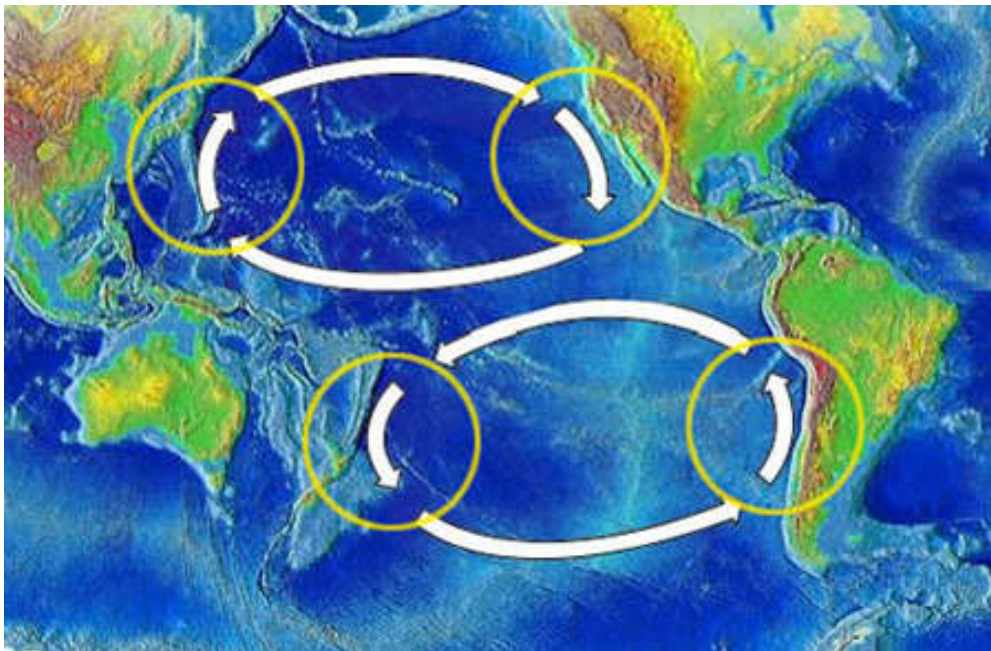
Mechanizm: siła Coriolisa



In the Northern Hemisphere, warm air around the equator rises and flows north toward the pole. As the air moves away from the equator, the Coriolis effect deflects it toward the right. It cools and descends near 30 degrees North latitude. The descending air blows from the northeast to the southwest, back toward the equator (Ross, 1995). A similar wind pattern occurs in the Southern Hemisphere; these winds blow from the southeast toward the northwest and descend near 30 degrees South latitude.

These prevailing winds, known as the trade winds, meet at the Intertropical Convergence Zone (also called the doldrums) between 5 degrees North and 5 degrees South latitude, where the winds are calm. The remaining air (air that does not descend at 30 degrees North or South latitude) continues toward the poles and is known as the westerly winds, or westerlies. The trade winds are so named because ships have historically taken advantage of them to aid their journeys between Europe and the Americas (Bowditch, 1995).

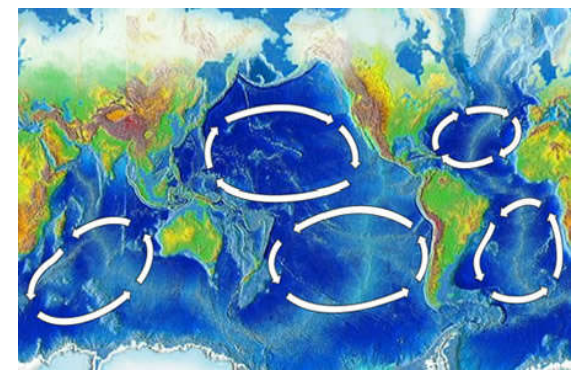
Mechanizm: siła Coriolisa



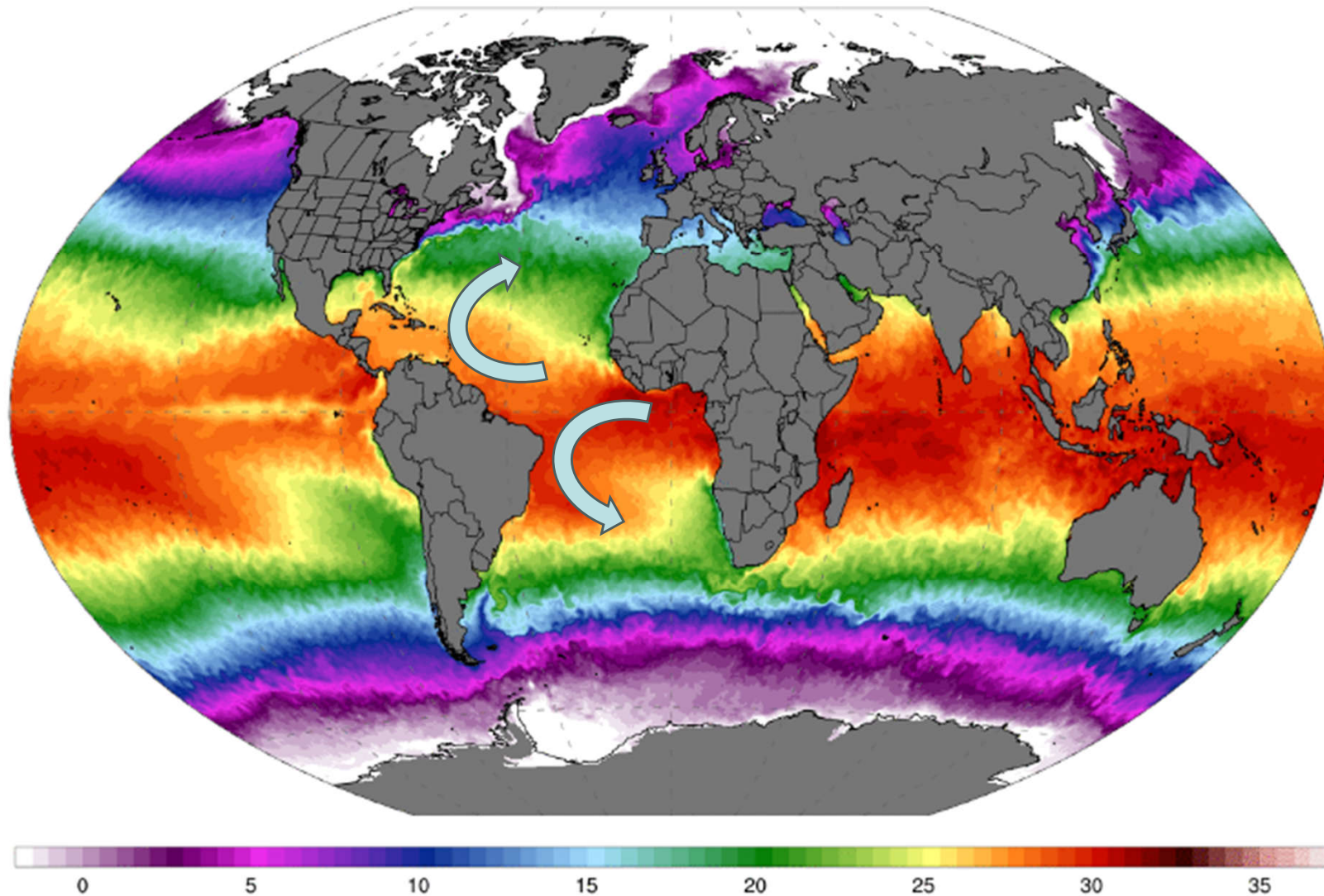
Wody Prądu Zatokowego, pochodzące z Zatoki Meksykańskiej, poruszają się z prędkością od jednego do trzech węzłów (2-5 kilometrów na godzinę). Prąd Zatokowy wpływa na klimat wschodniego wybrzeża Florydy, utrzymując temperatury wyższe zimą i chłodniejsze niż w innych południowo-wschodnich stanach latem. Ponieważ rozciąga się również w kierunku Europy, ogrzewa również kraje Europy.

Sea Surface T (10/03/2024)

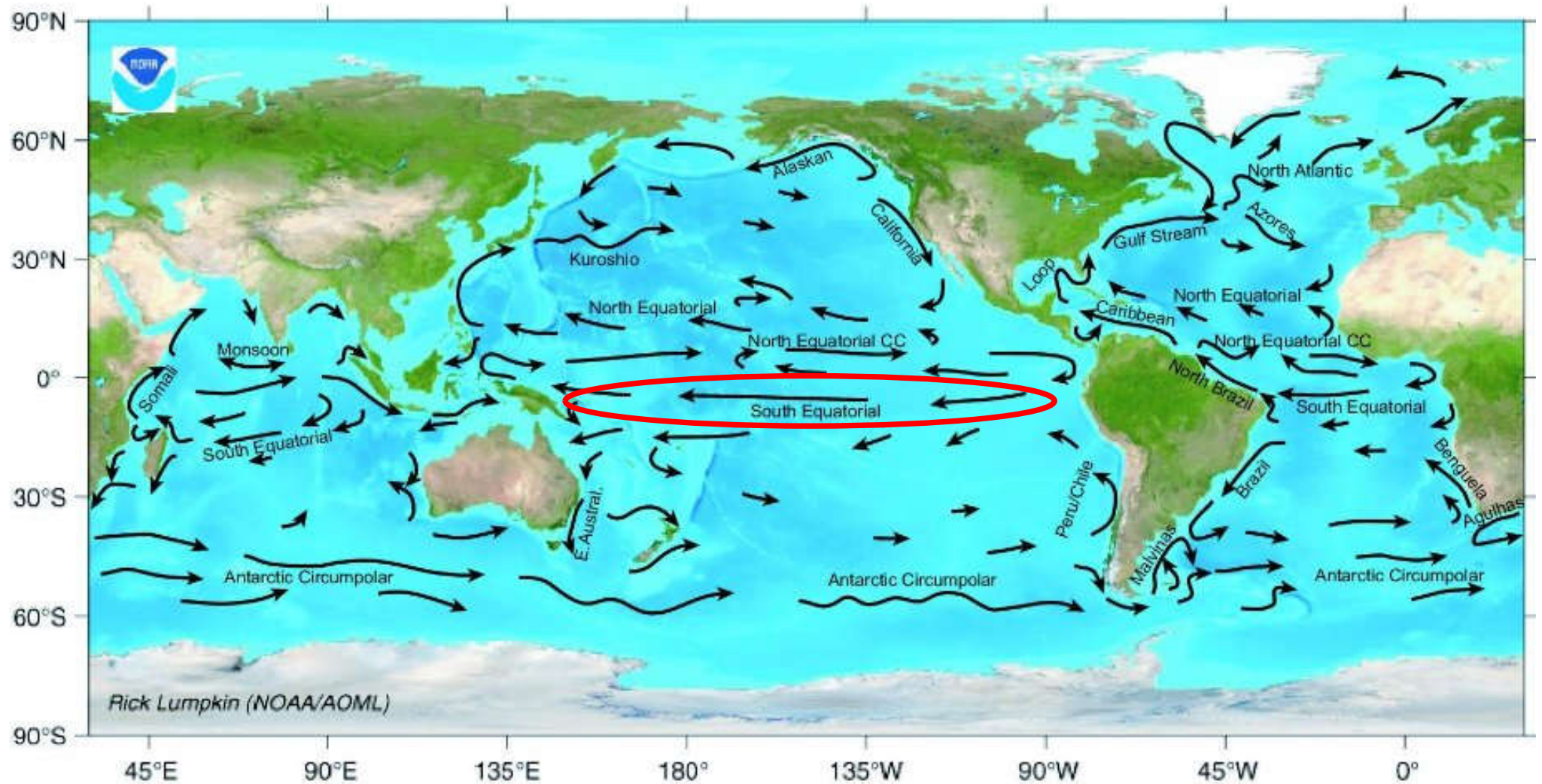
OISST Sea Surface Temperature (°C)
1-day Avg | Sat, Mar 09, 2024



ClimateReanalyzer.org
Climate Change Institute | University of Maine

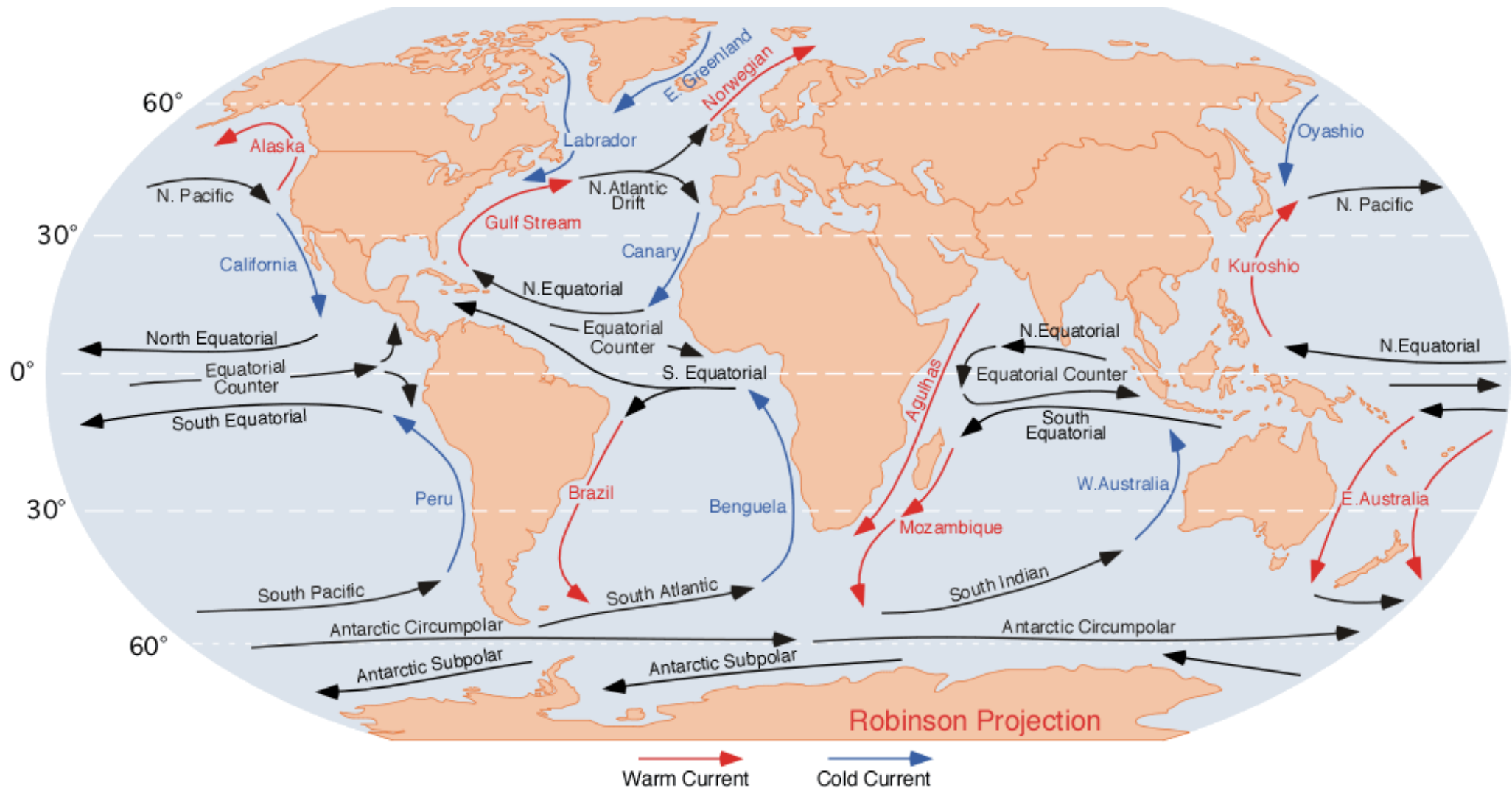


Hydrosfera: prądy oceaniczne



Ocean na równiku „spóźnia się” w stosunku do wirującej Ziemi: prądy płyną na zachód. Ale powyżej równika płynie prąd przeciwny – co widać też na poprzedniej mapie

Prądy oceaniczne: komórki cyrkulacji



Prądy oceaniczne krążą w „clock-wise” na półkuli północnej i „anti” na południowej. Wymusza to siła Coriolisa i układ kontynentów. Ponadto wiatry. Tylko wokół Antarktydy prąd płynie „dookoła”, ale też zgodnie z siłą „bezwładności”

Prądy oceaniczne: kilka bardziej znanych

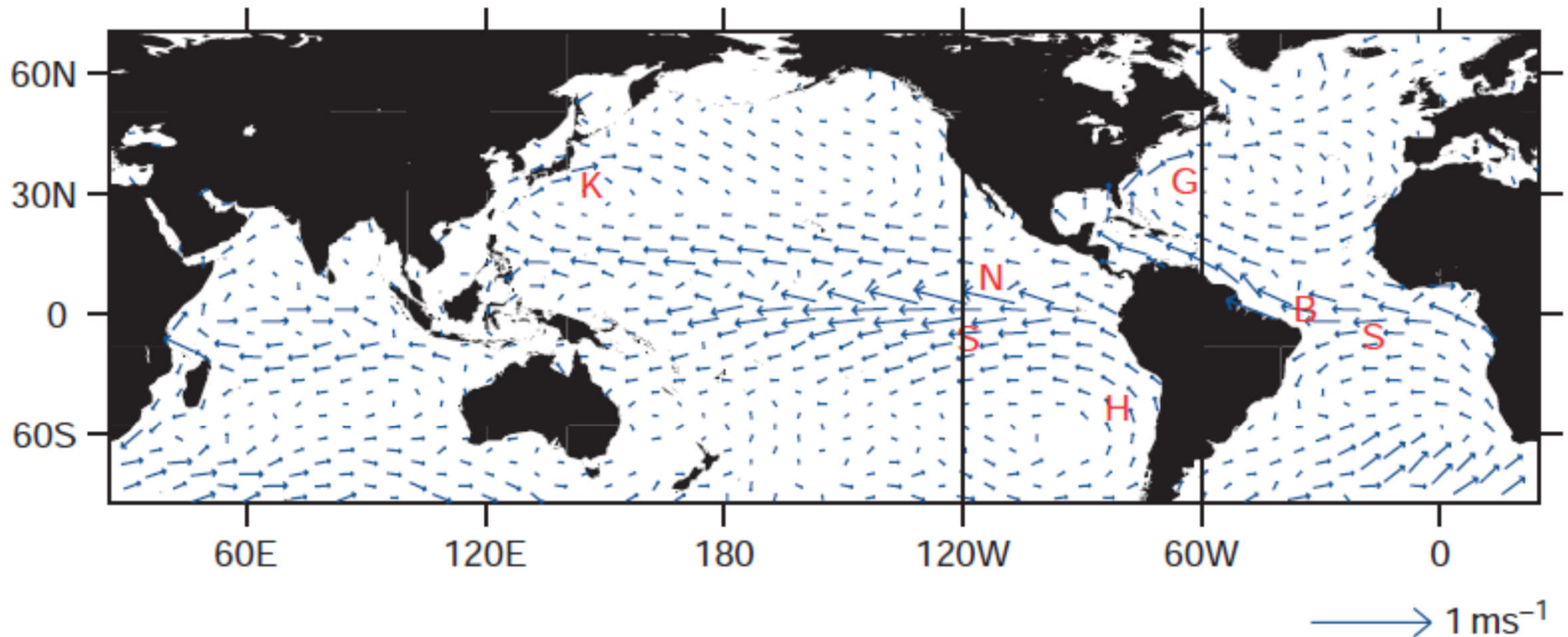
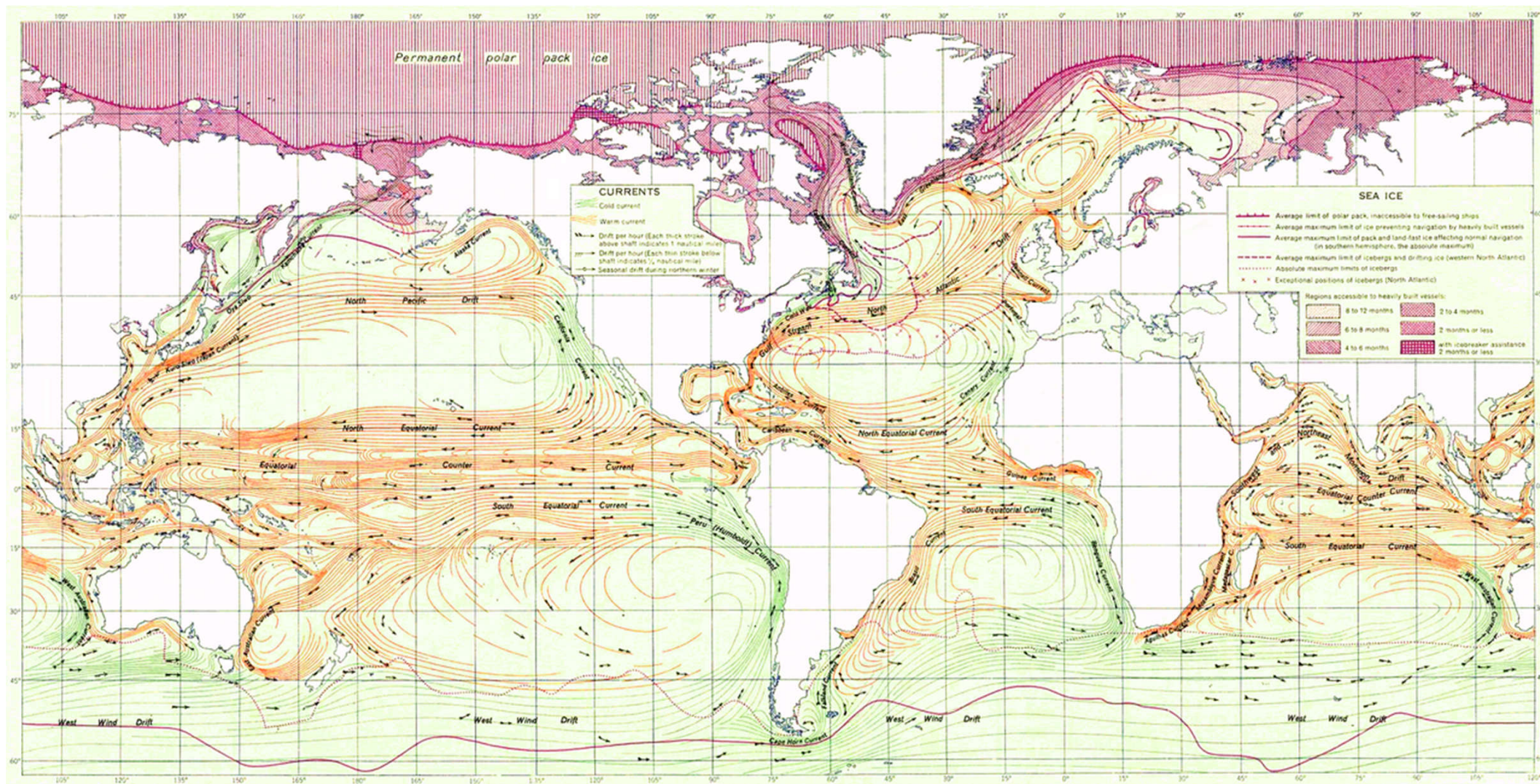


Fig. 2.4 Annual mean ocean surface currents based on the rate of drift of ships. The *Gulf Stream* (G) and the *Kuroshio Current* (K) are warm, *western boundary currents*. The *Humboldt Current* (H) is the most prominent of the cold, equatorward currents driven by the winds along the eastern flanks of the subtropical anticyclones. The westward *South Equatorial Current* (S) is driven by the easterlies along the equator and the weaker eastward *North Equatorial Countercurrent* (N) is a response to the winds in the vicinity of the ITCZ. [Data courtesy of Philip Richardson, WHOI; graphic courtesy of Todd P. Mitchell.]

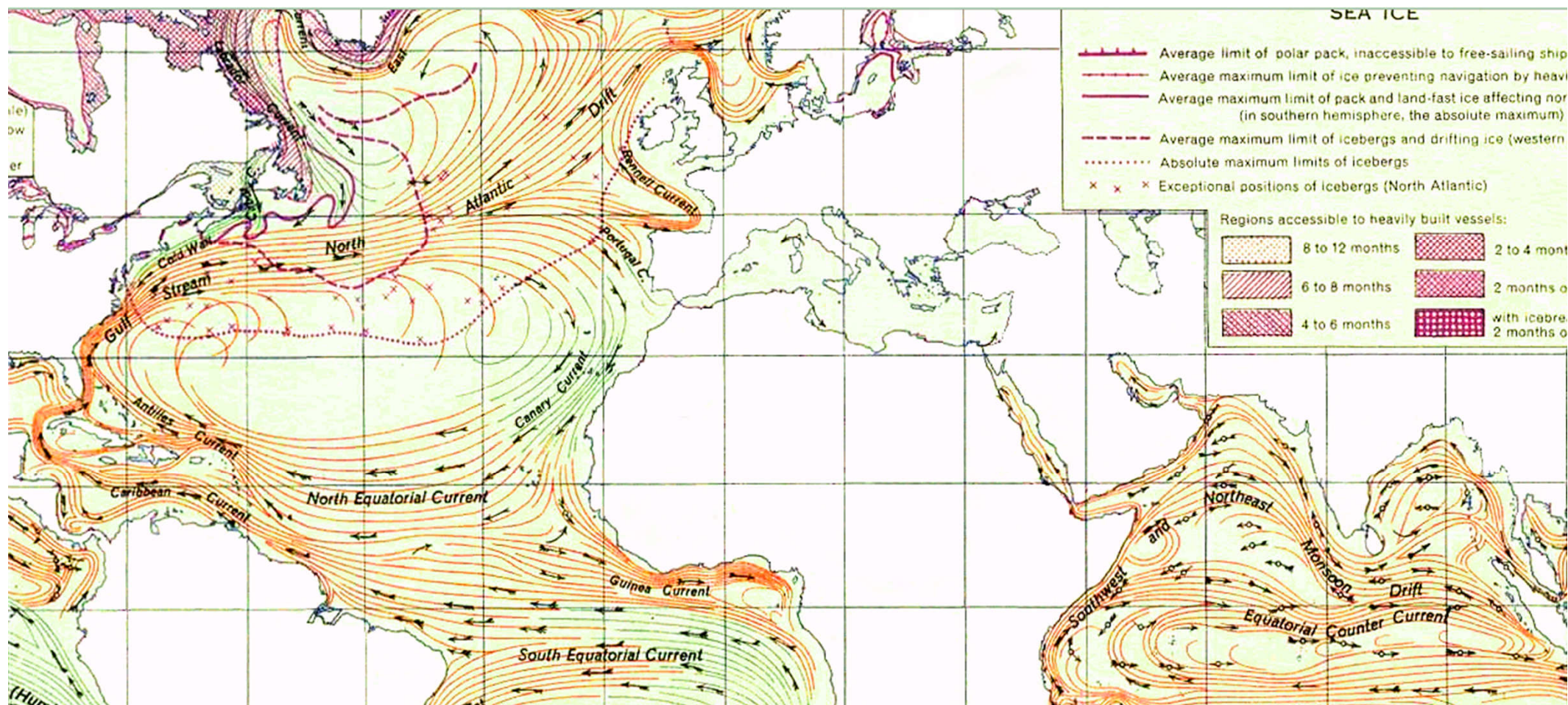
Ciepłe: G – Gulf, K – Kuroshio, Zimne: H – Humboldta
Równikowe: S – południowy, N – północny (słabszy)

Prądy, szczegółowo



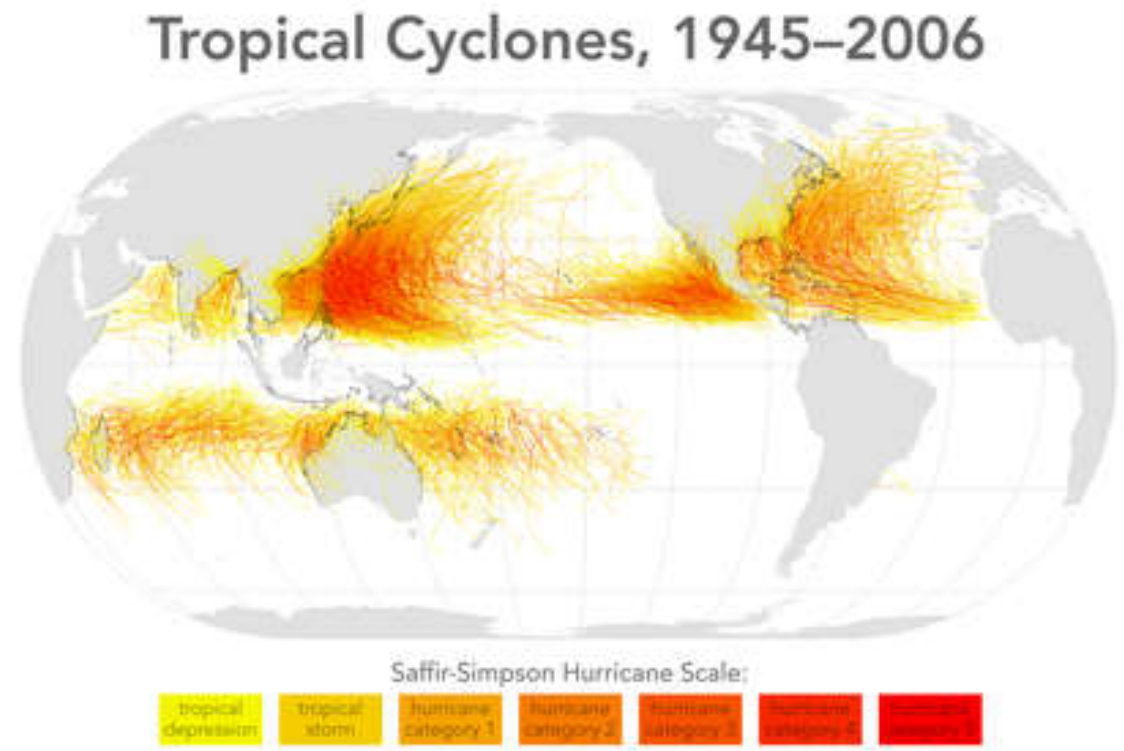
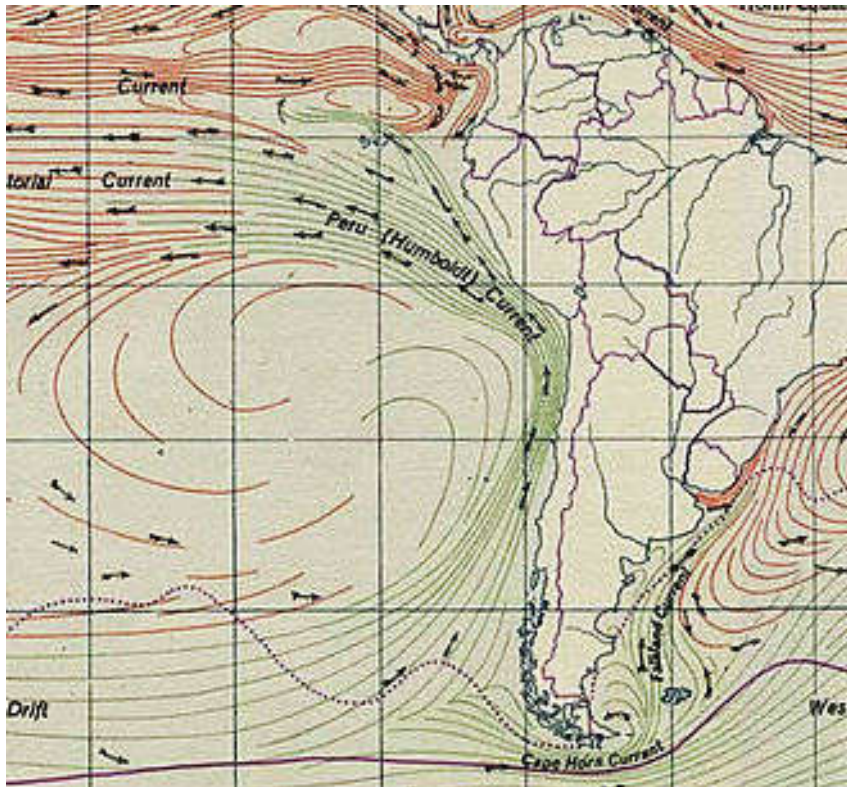
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/67/Ocean_currents_1943_%28borderless%293.png

Prądy, szczegółowo



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/67/Ocean_currents_1943_%28borderless%293.png

Prąd Humboldta

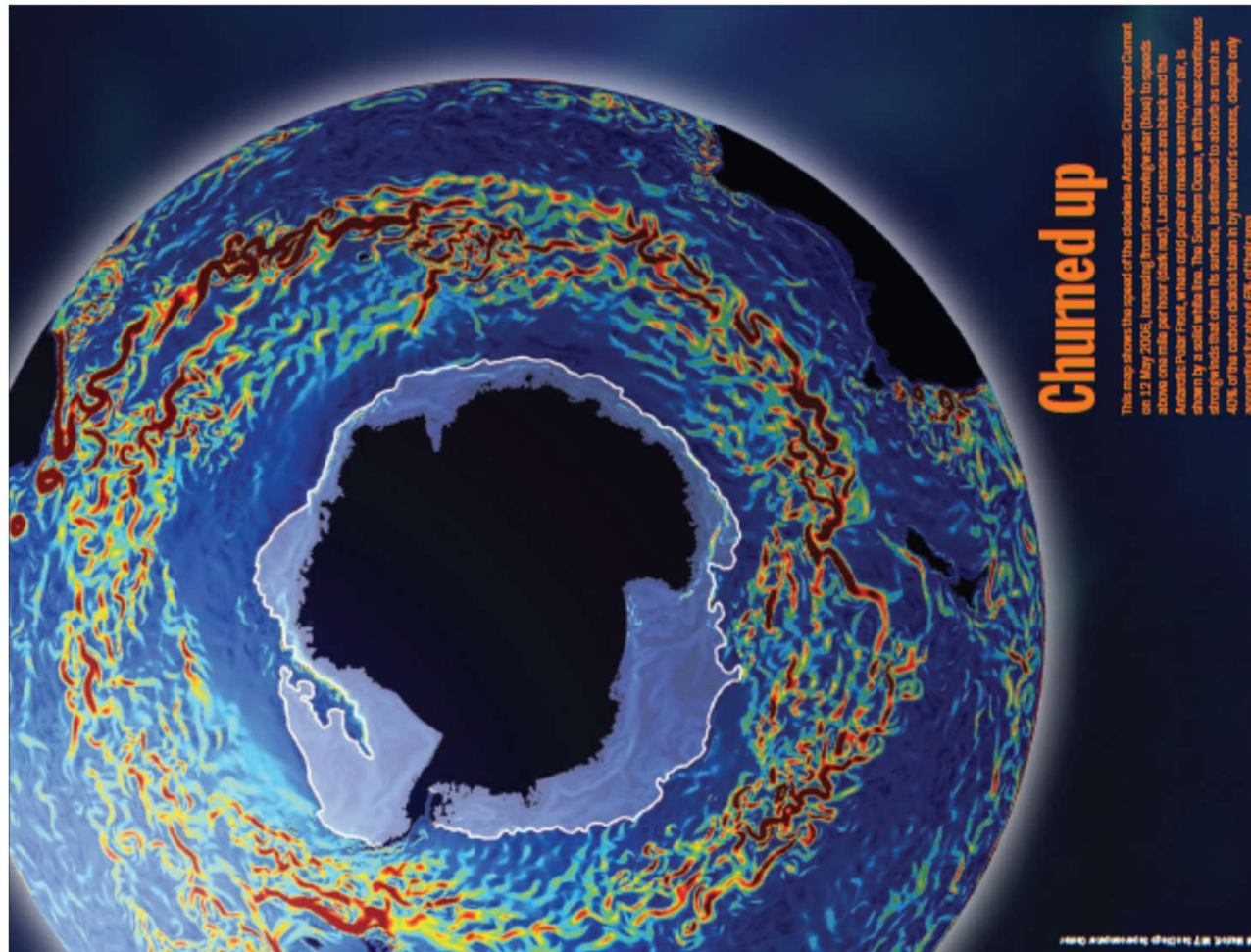


Prąd Humboldta (bogaty w tlen i mikroelementy) zapewnia obfitość planktonu i w konsekwencji ryb, oraz zapobiega występowaniu huraganów tropikalnych. Powoduje również niezwykle zimny i suchy klimat w Chile (dzięki czemu astronomowie mogą tam instalować teleskopy, szczególnie w zakresie IR).

Temperatury na zachodnim wybrzeżu Ameryki Płd. są o 5-7 °C niższe niż na wschodnim. Prąd Humboldta zasila jeden z najbardziej obfitych w ryby regionów świata, przy wybrzeżach Peru. Łowi się głównie: sardynki, sardele, makrele, morszczuka i kalmary.

https://en.wikipedia.org/wiki/Humboldt_Current

Antarktyda: płynąć dookoła



The **Antarctic Circumpolar Wave (ACW)** is a coupled ocean/atmosphere wave that circles the Southern Ocean in approximately eight years at 6–8 cm/s. The wave moves eastward with the prevailing currents.
https://en.wikipedia.org/wiki/Antarctic_Circumpolar_Wave

Antarktyda: zachodni wiatr

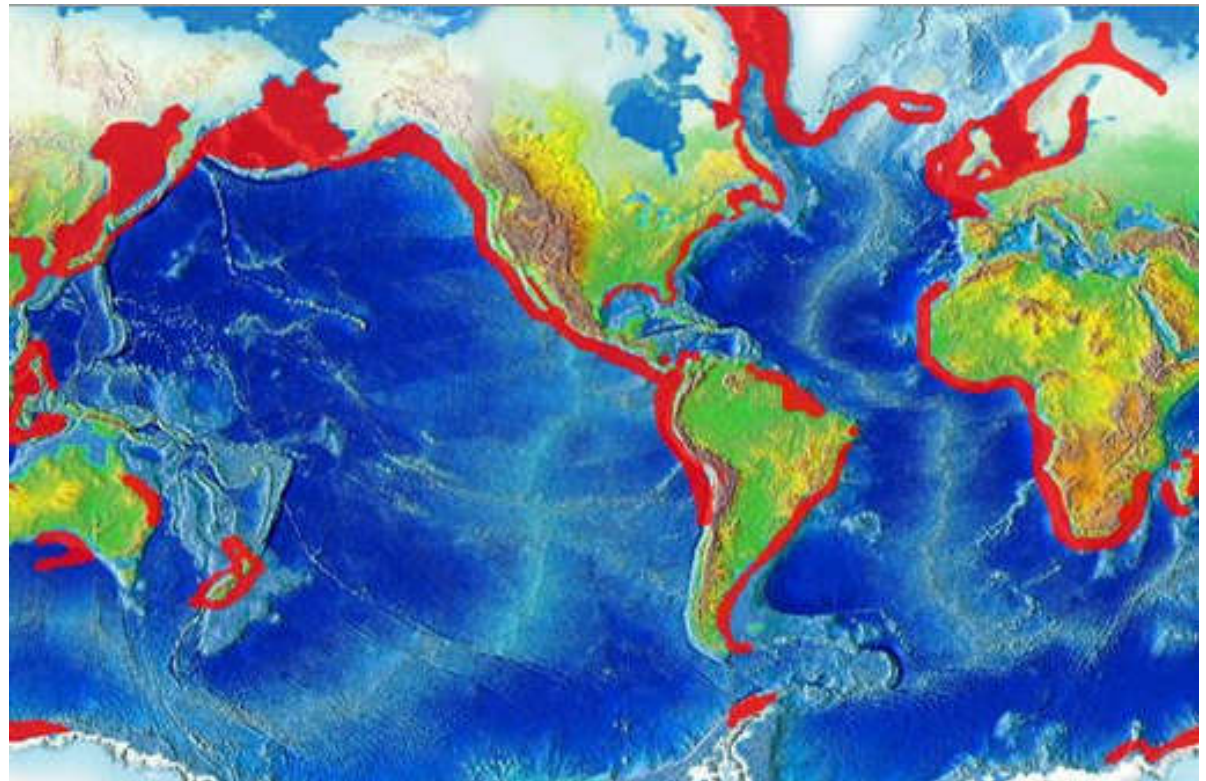
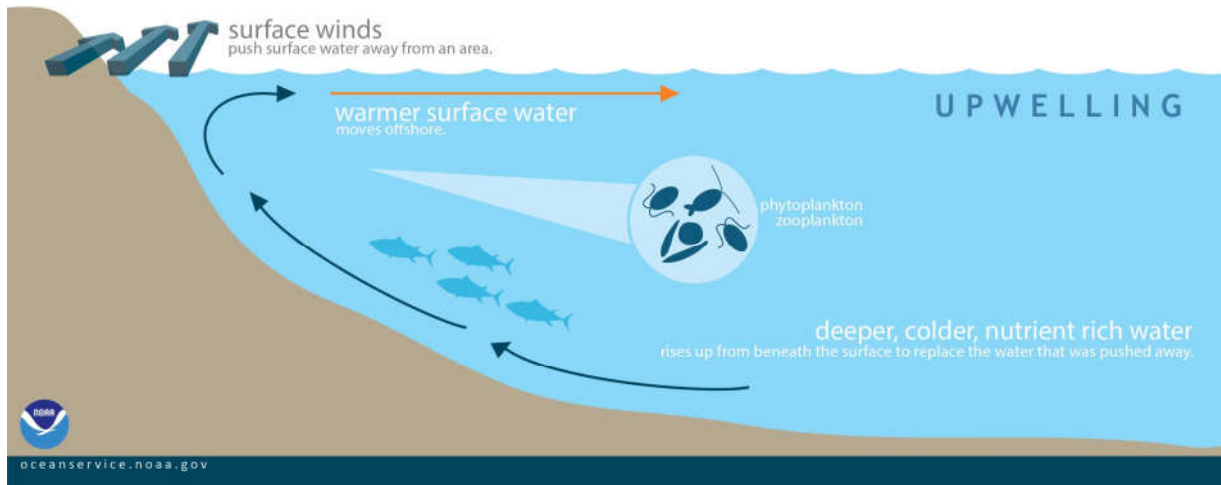
Kołysał nas zachodni wiatr,
Brzeg gdzieś za rufą został.
I nagle ktoś jak papier zbladł:
Sztorm idzie, panie bosman!

Churned up

This map shows the speed of the clockwise Antarctic Circumpolar Current on 12 May 2006, increasing from slow-moving (blue) to speeds above one mile per hour (dark red). Land masses are black and the Antarctic Polar Front, where cold polar air meets warm tropical air, is shown by a solid white line. The Southern Ocean, with the near-continuous strongwinds that churn its surface, is estimated to absorb as much as 40% of the carbon dioxide taken in by the world's oceans, despite only

Ta mapa pokazuje prędkość „zgodnego z kierunkiem wskazówek zegara” (czyli z zachodu) prądu dookoła Antarktydy (12/05/2006) od powolnego przepływu (niebieski) do około 1 mili/ godzinę (ciemno-czerwony). Masy kontynentalne są czarne a Antarktyczny front polarny, gdzie zimne polarne powietrze spotyka się z ciepłym i wilgotnym tropikalnym, zaznaczone jest białą linią. Ocean Południowy, z prawie ciągłymi silnymi wiatrami, które burzą jego toń, pochłania aż 40% CO₂ absorbowanego przez światowe oceany, mimo, że stanowi tylko około 6% ich powierzchni.

Upwelling, czyli prądy „wznoszące”



Upwelling i produkcja biologiczna

Atmospheric Science, str. 30

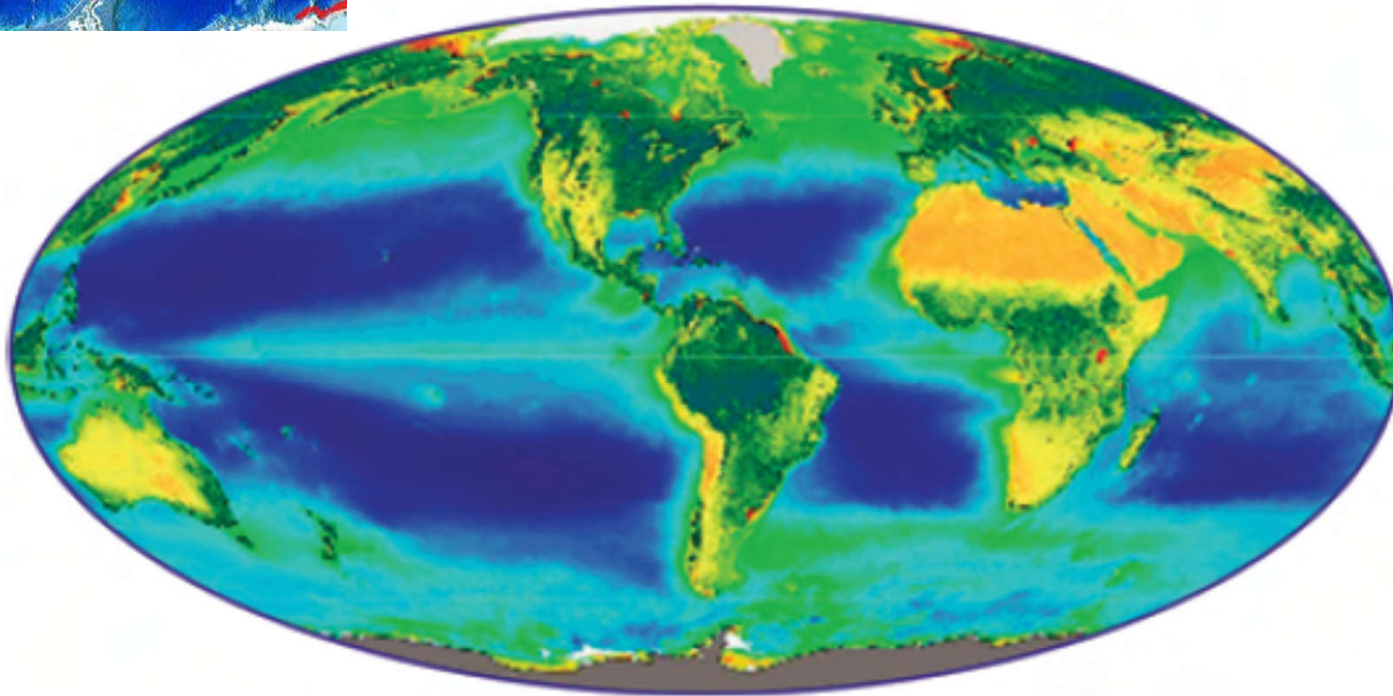
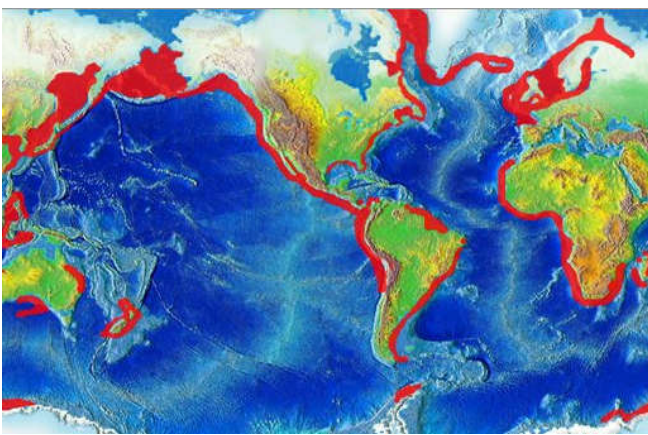
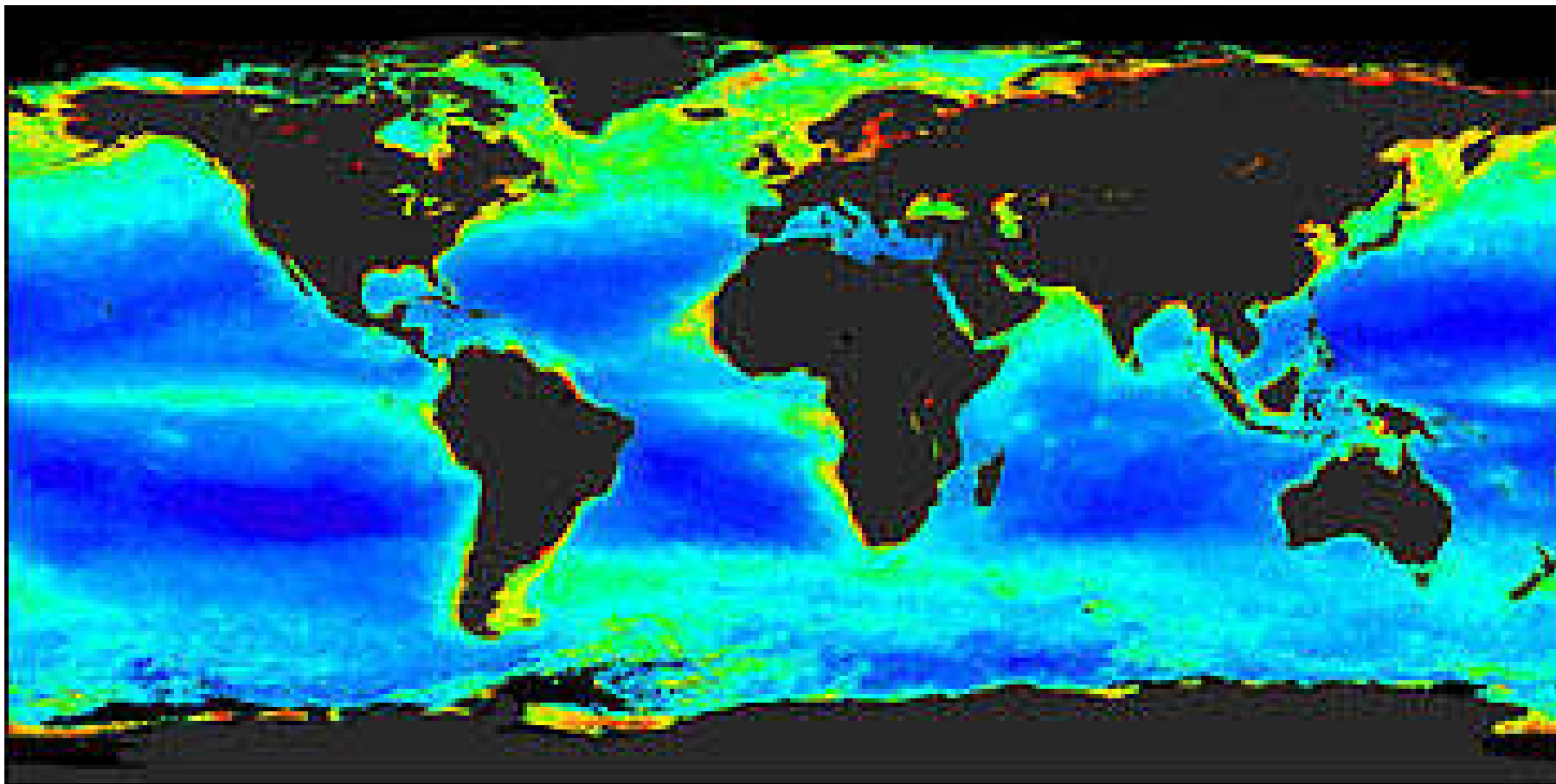


Fig. 2.10 Distribution of primary productivity in the marine and terrestrial biosphere, averaged over a 3-year period. Over the oceans the dark blue areas are indicative of very low productivity and the green and yellow areas are relatively more productive. Over land dark green is indicative of high productivity. [Imagery courtesy of SeaWiFS Project, NASA/GSFC and ORBIMAGE, Inc.]

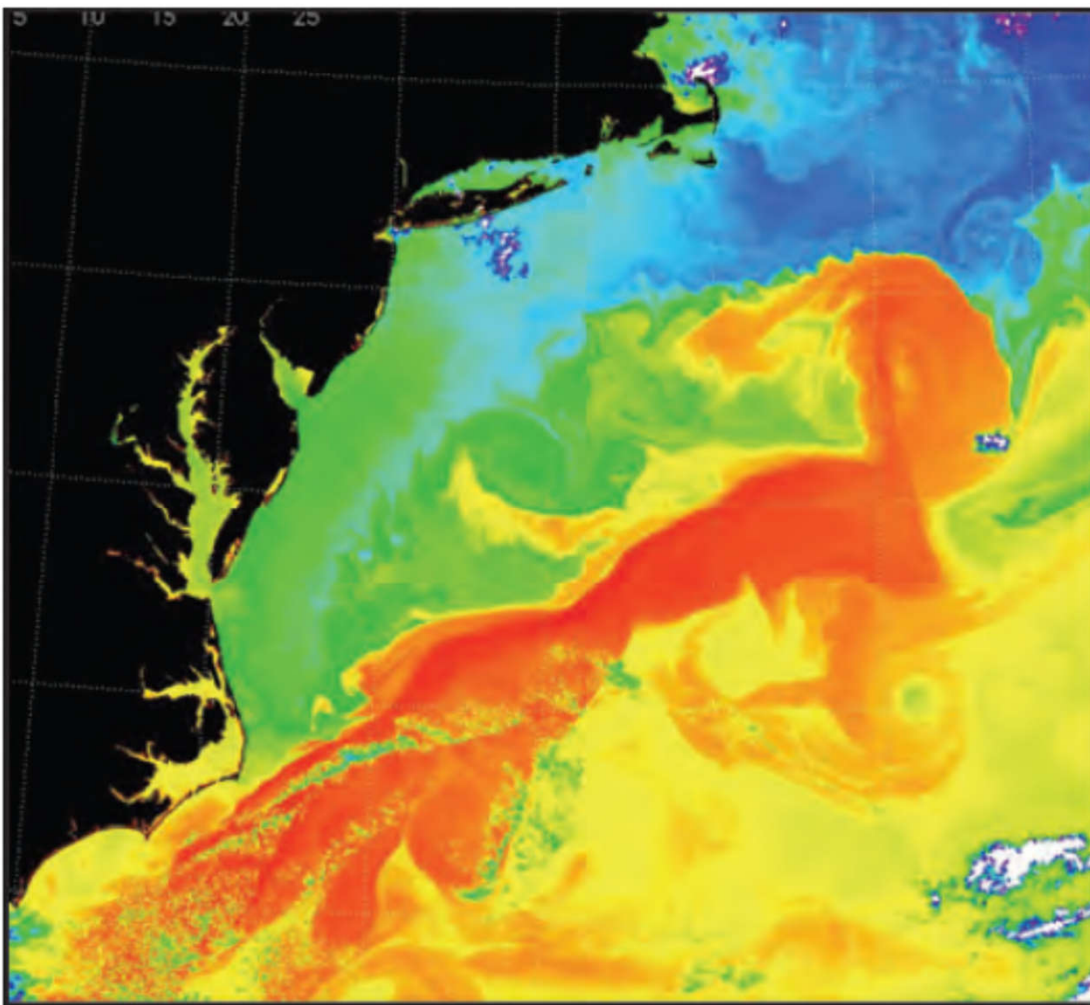
Fitoplankton



SeaWiFS ocean chlorophyll data from 1998. Low concentrations of phytoplankton are represented by purple and blue shades, high concentrations are yellow, orange, and red. (Image courtesy NASA SeaWiFS project)

Niezbędne są mikroelementy

https://earthobservatory.nasa.gov/features/RemoteSensing/remote_09.php



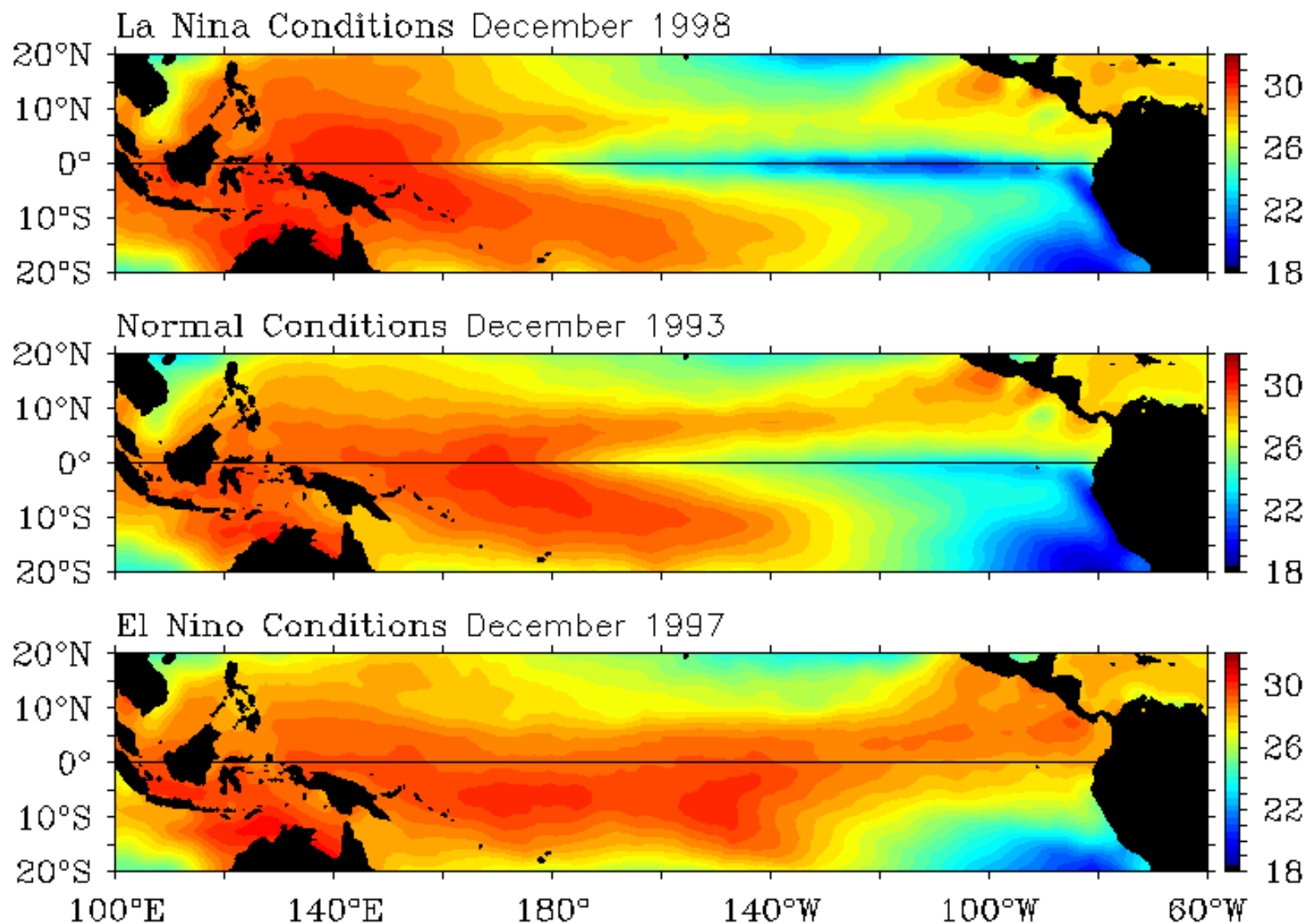
Mieszanie się prądów:

Labrador na północy
Zatokowy na południu

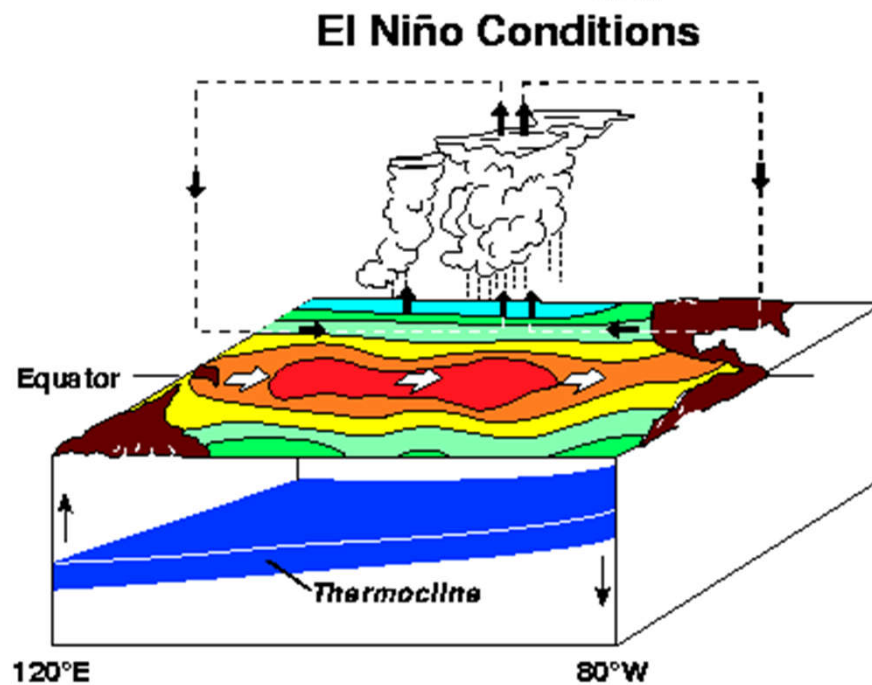
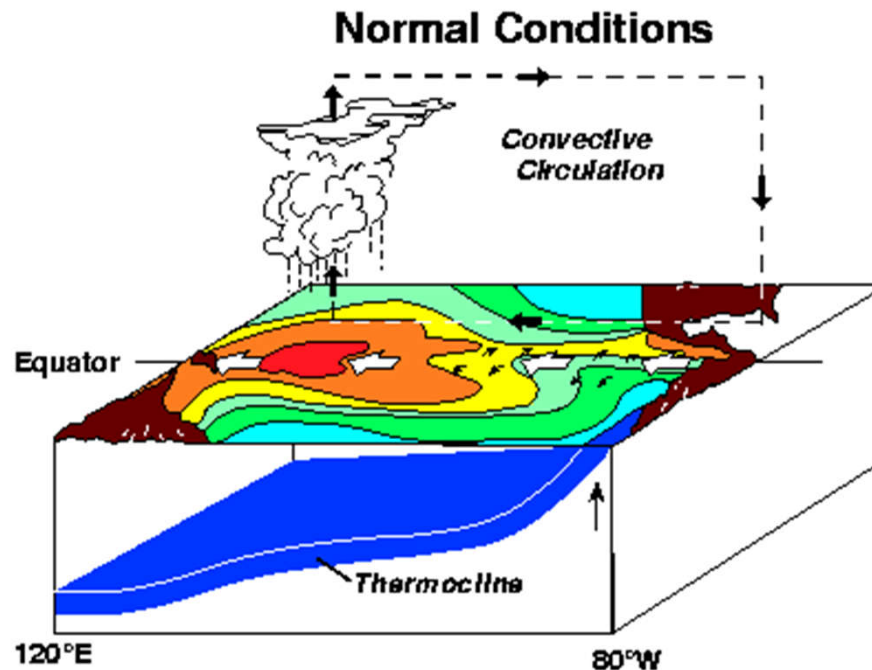
Fig. 2.5 Eddies along the landward edge of the Gulf Stream, as revealed by the pattern of sea surface temperature. Temperatures range from $\sim 20^{\circ}\text{C}$ in the orange regions down to $\sim 6^{\circ}\text{C}$ in the darkest blue regions. Note the sharpness of the boundary and the indications of turbulent mixing between the waters of the Gulf Stream and the colder Labrador Current to the north of it. [Based on NASA Terra/MODIS imagery. Courtesy of Otis Brown.]

El Nino: globalne anomalie prądów

Monthly Sea Surface Temperature °C



Globalne anomalie prądów



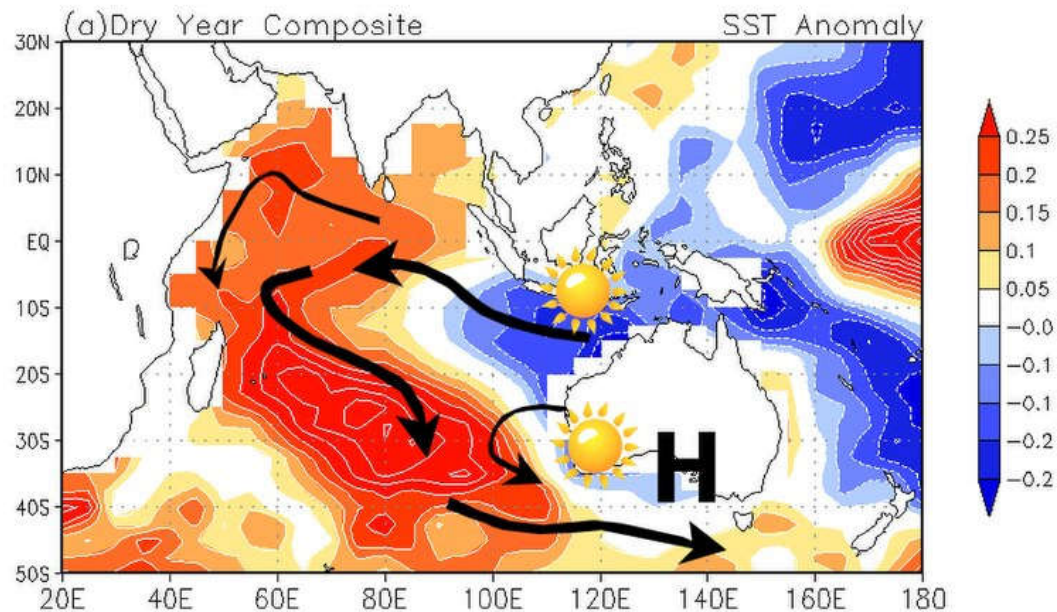
El Niño doesn't just make fish scarce off the coast of Peru, it has an impact on the entire planet.

<https://scied.ucar.edu/learning-zone/how-climate-works/el-nino-fish-tale>

Among these consequences are increased rainfall across the southern tier of the US and in Peru, which has caused destructive flooding, and drought in the West Pacific, sometimes associated with devastating brush fires in Australia.

<https://www.pmel.noaa.gov/el-nino/what-is-el-nino>

Globalne anomalie pogodowe: dipol Oceanu Indyjskiego

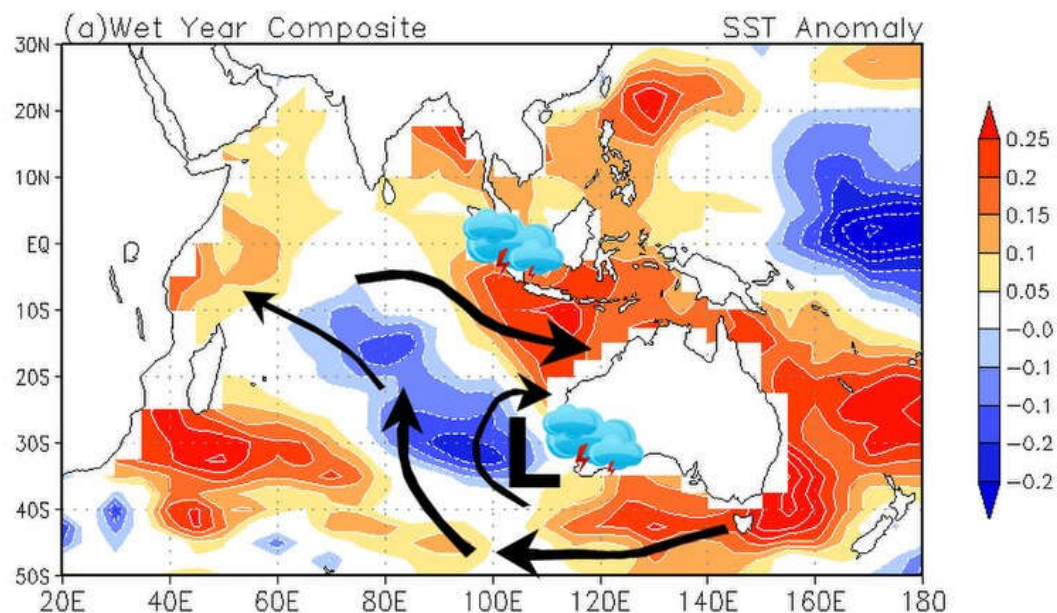


The connection between Indian Ocean climate condition (a) dry and (b) wet years over SWWA.

SST anomalies are shown in colors. Wind anomalies are indicated as bold arrows, pressure anomalies are shown by H (high) and L (low), and rainfall anomalies are represented by sun/cloud symbols. Dry and wet years are from (England et al. 2006).^[4]...

Yjzhao - Own work

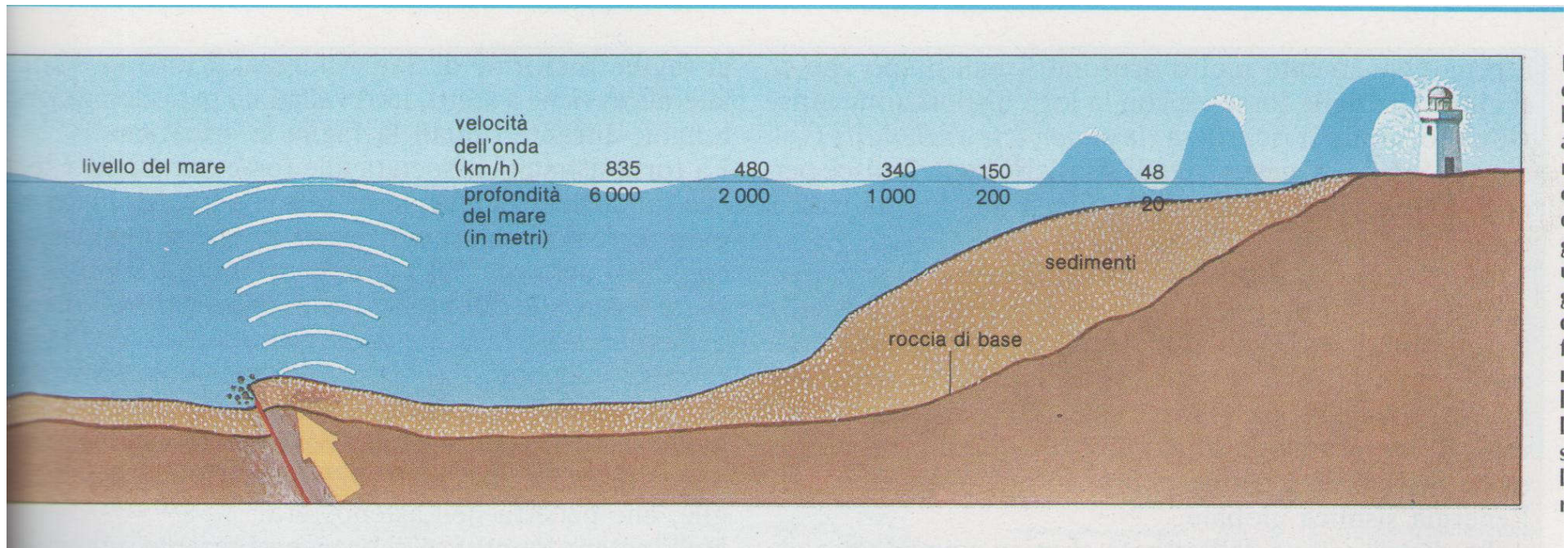
Okresowe odwracanie się globalnych prądów na Oceanie Indyjskim, powodujące podobne efekty jak El Nino



Kompetencja społeczna: fala „odbojowa”



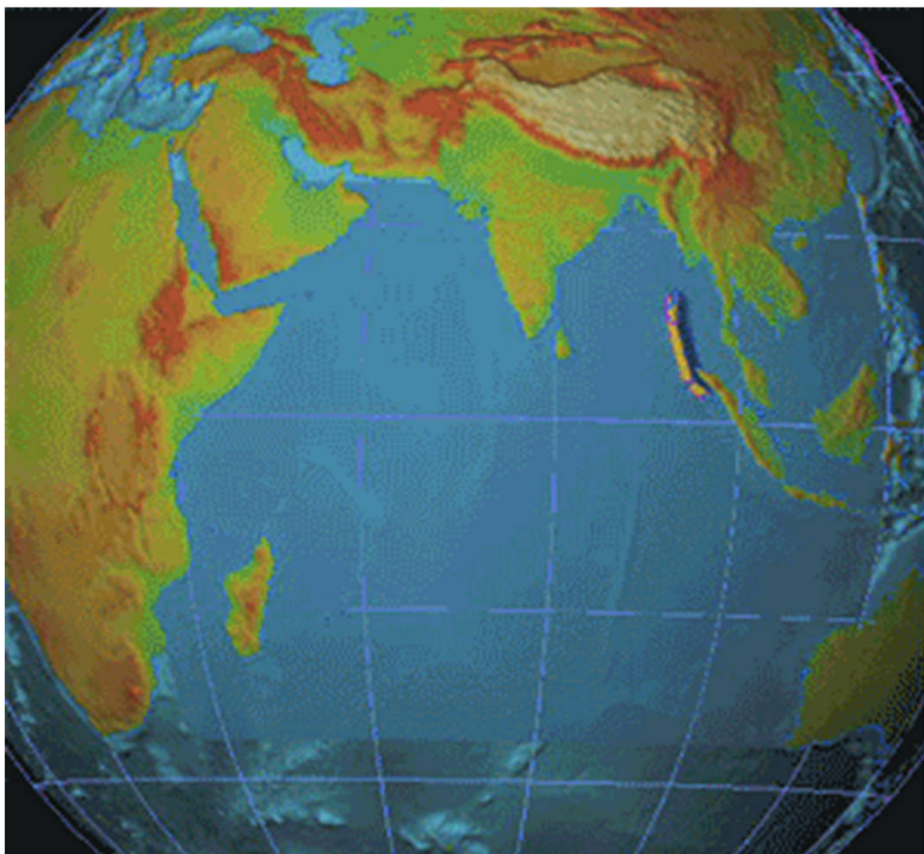
Globalne tragedie: tsunami



<http://crisisreliefjapan.files.wordpress.com/2011/10/tsunami-wave.jpg>

<http://cksimpsonwx.blogspot.com/2013/03/throwback-tohoku-earthquake-and-tsunami.html>

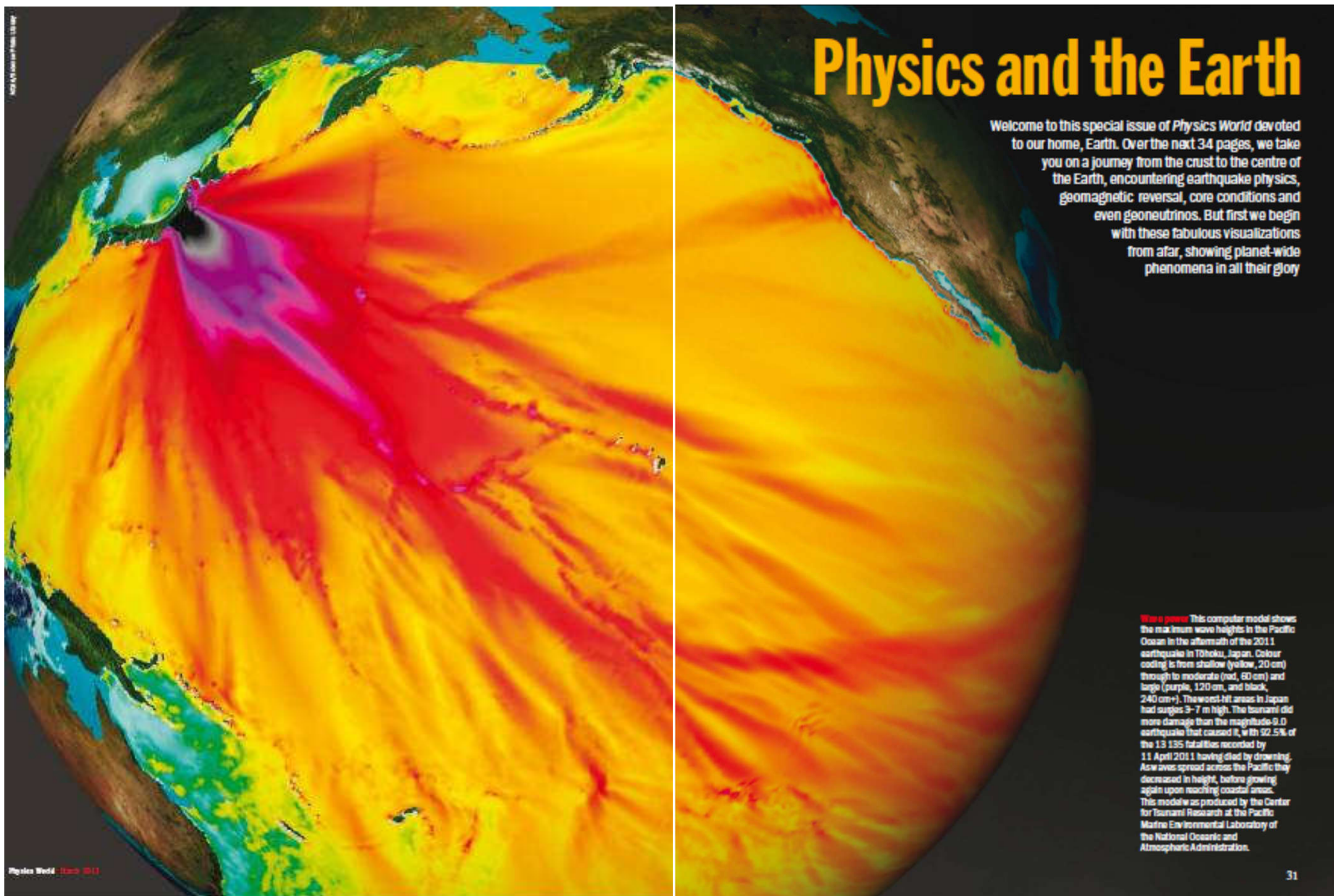
BN 2004: 250 tys. ofiar



[https://pl.wikipedia.org/wiki/Trz%C4%99sienie_ziemi_na_Oceanie_Indyjskim_\(2004\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Trz%C4%99sienie_ziemi_na_Oceanie_Indyjskim_(2004))

https://it.wikipedia.org/wiki/File:Tsunami_wavefield_for_the_2004_Sumatra-Andaman_earthquake.webm

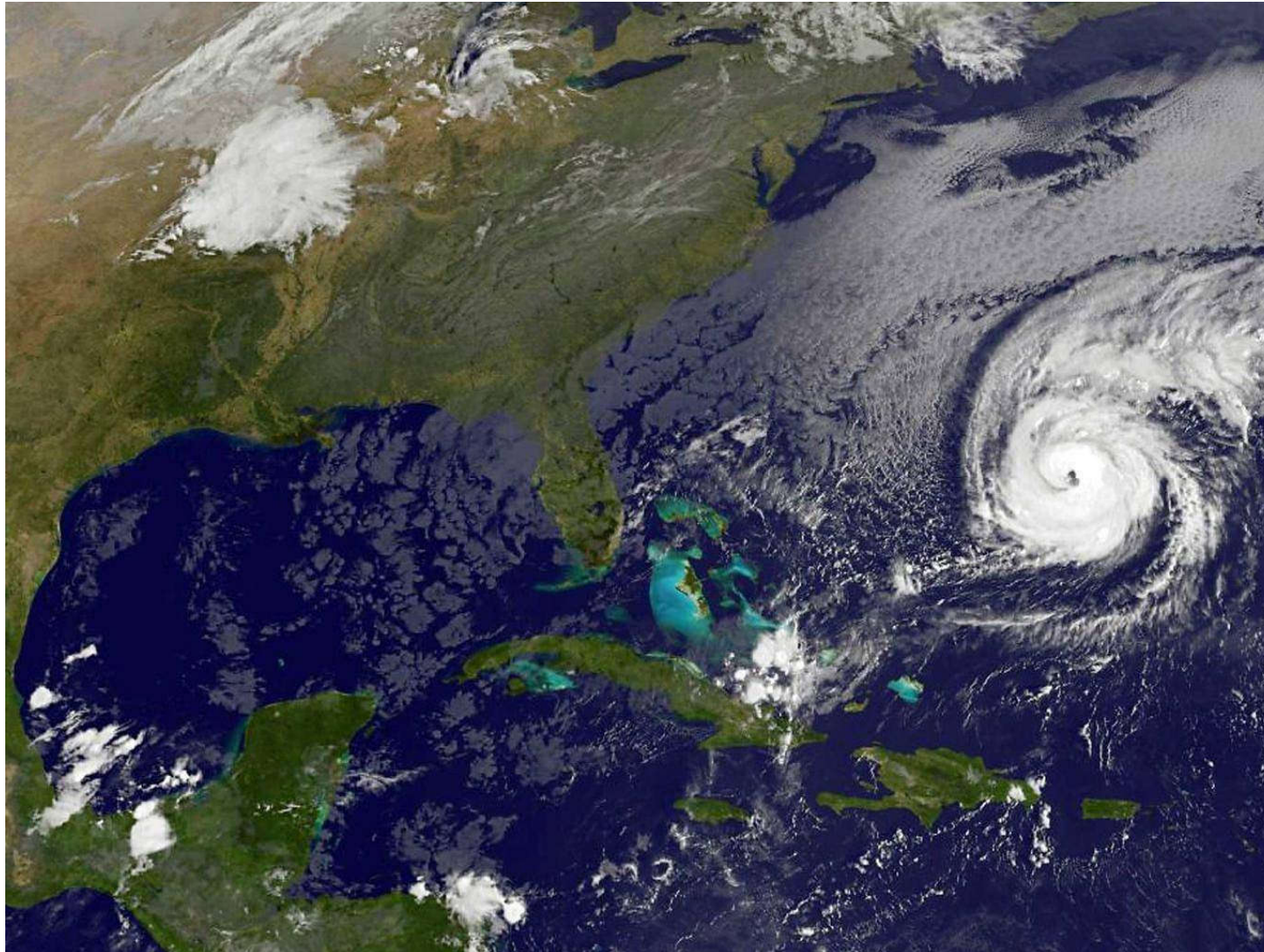
https://it.wikipedia.org/wiki/Terremoto_e_maremoto_dell'Oceano_Indiano_del_2004#:~:text=Il%20maremoto%20dell'Oceano%20Indiano,e%20ha%20causato%20230.210%20morti.



Tsunami po trzęsieniu ziemi w Tohoku (Japonia) 11.03.2011: 9,0 w skali Richtera (jedno z najsilniejszych w historii ludzkości): 20 tys. ofiar tsunami. Naprężenia między dwiema płytami kumulowały się przez 800 lat.

Anomalia pogodowa?

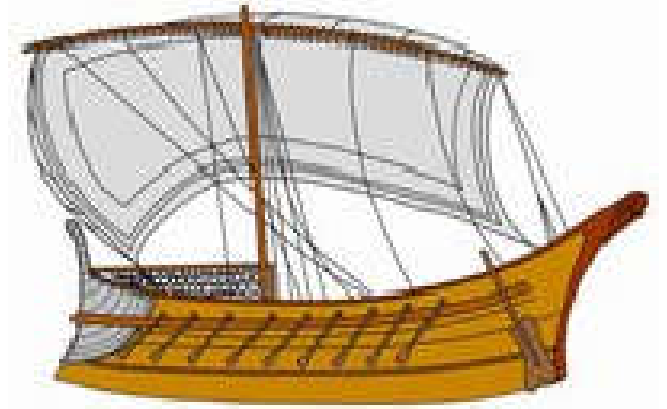
- Tam akurat, rzecz jak najbardziej powszednia.



Podsumowanie

- Z czego wynikają główne kierunki cyrkulacji prądów oceanicznych?
- Wymień 3 najważniejsze prądy oceaniczne
- Wyjaśnij mechanizm powstawania „globalnego transportera” czyli prądu głębinowego
- Dla fizyków: opisz rozkład natężenia pola elektrycznego nad nieskończoną powierzchnią naładowaną gęstością powierzchniową ładunku σ [C/m²], z rozkładem natężenia pola dookoła nieskończenie długiego ładunku liniowego λ [C/m] i dookoła ładunku punktowego q [C]. Jakies wnioski dla fali tsunami?

Odissea: pura fantasia?



- Dall'altra parte havvi due scogli: l'uno
Va sino agli astri, e fosca nube il cinge
Né su l'acuto vertice, l'estate
Corra o l'autunno, un puro ciel mai ride.
- Scilla ivi alberga, che moleste grida
Di mandar non ristà.
- Grande verdeggia in questo e d'ampie foglie
Selvaggio fico; e alle sue falde assorbe
La temuta Cariddi il negro mare.
Tre fiate il rigetta, e tre nel giorno
L'assorbe orribilmente.

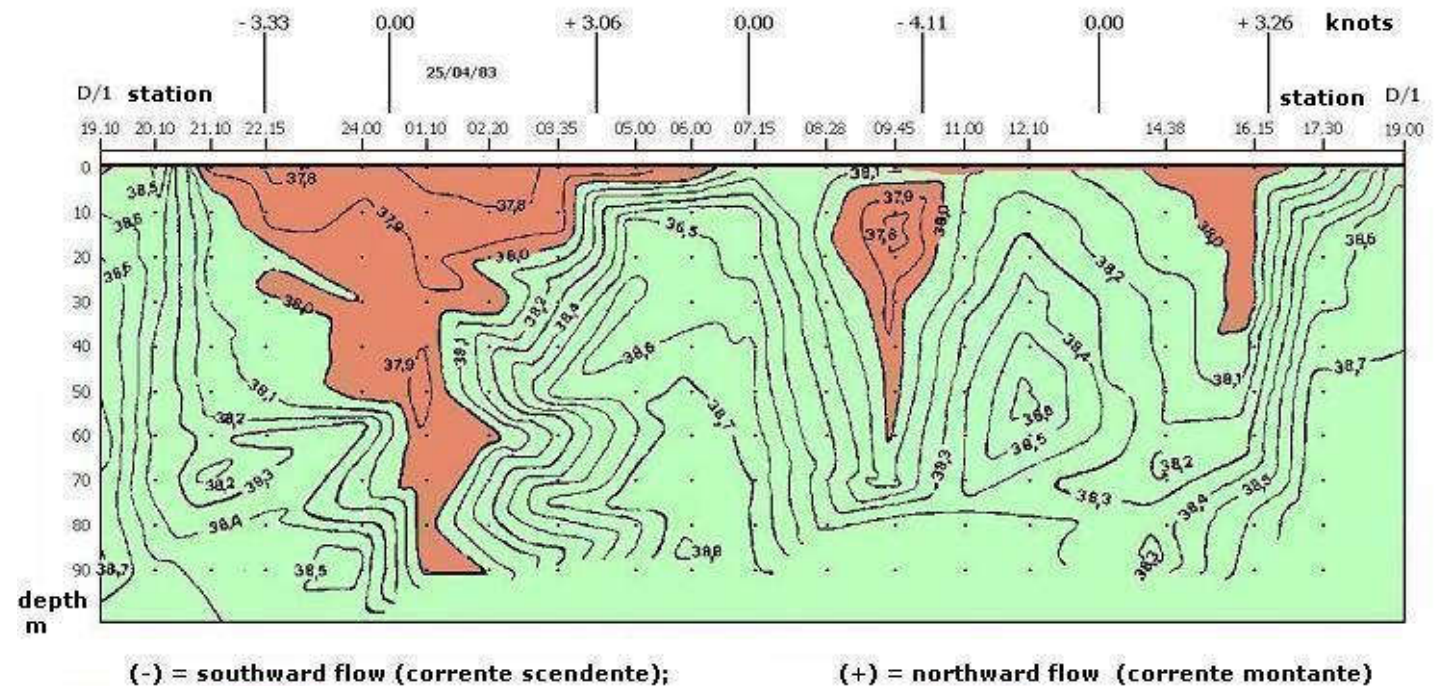
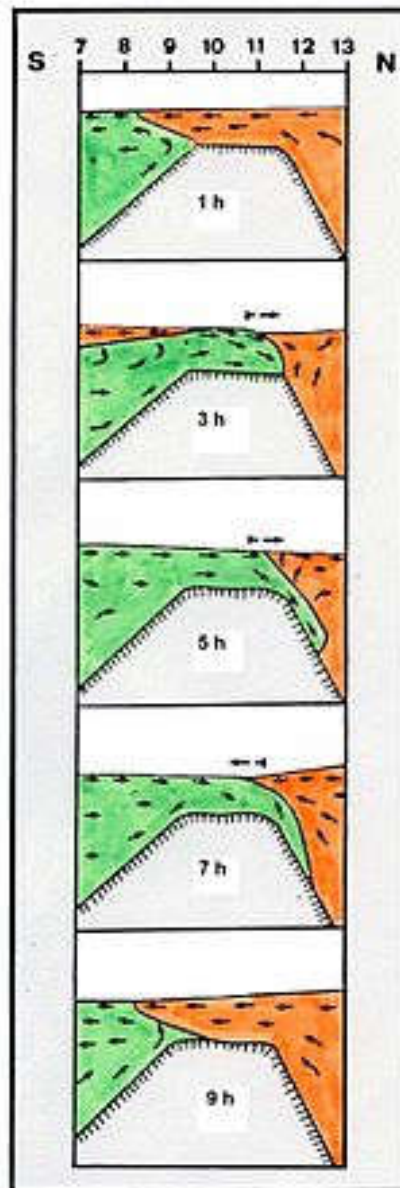
Omero: Scilla & Cariddi



Foto Maria Karwasz

Stretto di Messina

3 volte al giorno

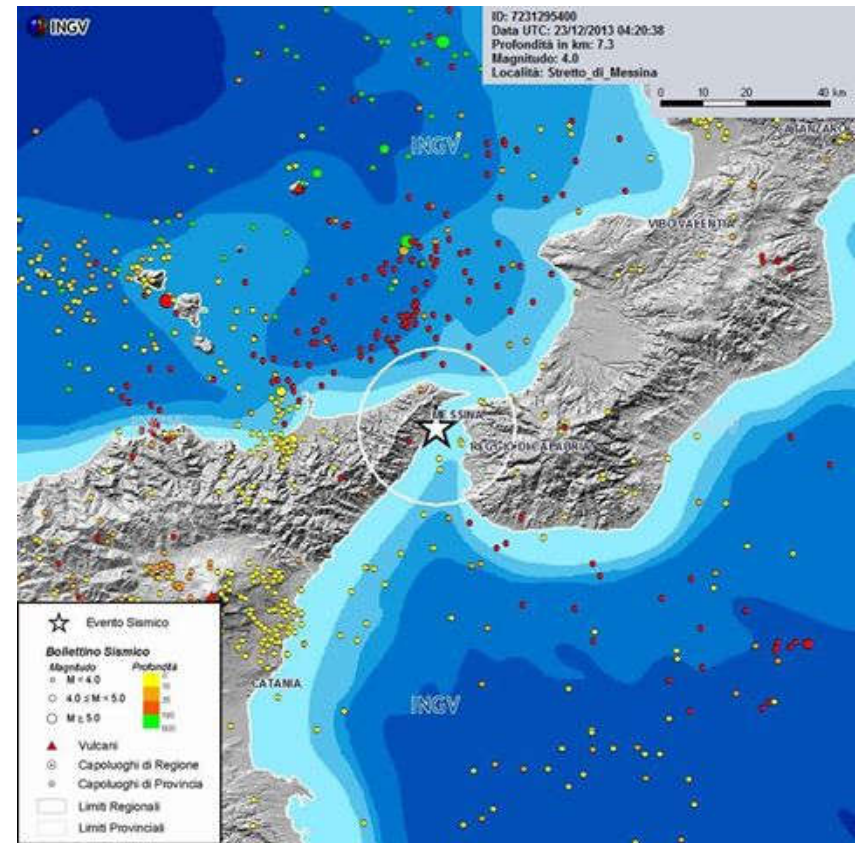


Acqua in transito sulla sella Ganzirri - Punta Pezzo

(da Tomasino M., 1995)

Velocità corrente	Volume stimato
200 cm/s	> 750.000 m ³ /s
300 cm/s	> 1.000.000 m ³ /s

La zona è sinistra anche per i terremoti



Italia sembra uno stivale. No! È una scarpa da calcio, visto che il calcio è lo sport nazionale. A questo punto, la Sicilia è una palla fortemente calciata, che gira in senso antiorario. Parlando serio, la causa del terremoto a Messina 1908 fu proprio questo moto rotatorio dell'isola. E anche tutta la penisola gira in senso antiorario, dopo aversi staccata dalla Tunisia e aver urtato l'Europa, dove oggi sono le Alpi (20 mln di anni fa?)

Qual è il posto più bel al mondo?

Avete mai visto il mare color rosa?



Grazie per l'attenzione!